



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación de propiedades físico-mecánicas del concreto  
 $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  sustituyendo cemento con una mezcla de esquisto y cenizas  
de cáscaras de arroz

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Br. Luis Enrique Orchesi Medina (ORCID: 0000-0002-9482-8604)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez (ORCID: 0000-0003-0817-7057)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico Estructural

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación va dedicado a mis padres, hermanos, abuelos, primos y tíos que me apoyaron a lo largo de estos años de formación profesional y a todas las personas de mi entorno social que siguen creyendo en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Doris Medina y Carlos Orchesi junto a mis abuelos Victoria Saavedra y Víctor Medina por todo el apoyo absoluto y mi familia por el amor constante y cariño que siempre me brindaron, siendo ellos el motivo que inspiró a seguir este camino ya marcado.

Al Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez, por la guía, dedicación y por los conocimientos transmitidos hacia mi persona para elaboración de mi tesis.

Al Ing. Gian Piero Cuneo Passalacqua, por bríndame su apoyo, facilitándome algunos recursos industriales necesarios para mi investigación.

A mi enamorada por el apoyo constante durante estos años, alentándome en los momentos difíciles, de igual modo a todos mis amigos cercanos, por los consejos, apoyo y entusiasmo transmitido hacia mi persona.

## **PÁGINA DEL JURADO**



# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

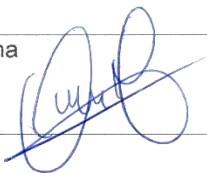
## Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **ORCHESI MEDINA, Luis Enrique** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**“Evaluación de propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  sustituyendo cemento con una mezcla de esquisto y cenizas de cáscaras de arroz”,** es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor <b>ORCHESI MEDINA, Luis Enrique</b>	
DNI: 75716973	Firma 
ORCID: 0000-0002-9482-8604	



# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
<b>I. Introducción</b>	<b>01</b>
<b>II. Método</b>	<b>29</b>
2.1 Diseño de investigación	30
2.2 Operacionalización de variables	32
2.4 Población, muestra y muestreo	33
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	37
2.6 Procedimiento	38
2.7 Método de análisis de datos	39
2.8 Aspectos éticos	40
<b>III. Resultados</b>	<b>41</b>
<b>IV. Discusión</b>	<b>86</b>
<b>V. Conclusiones</b>	<b>89</b>
<b>VI. Recomendaciones</b>	<b>91</b>
<b>Referencias</b>	<b>92</b>
<b>Anexos</b>	<b>98</b>
Anexo 1: Matriz de consistencia	98
Anexo 2: Análisis granulométrico	99
Anexo 3: Asentamiento del concreto	100
Anexo 4: Sangrado del concreto	100

Anexo 5: Resistencia a compresión del concreto	101
Anexo 6: Resistencia a flexión	101
Anexo 7: Ensayos físicos agregado grueso	102
Anexo 8: Ensayos físicos agregado fino	103
Anexo 9: Diseño de mezcla patrón	104
Anexo 10: Diseño de mezcla E3%yCA5%	105
Anexo 11: Diseño de mezcla E5%yCA7%	106
Anexo 12: Resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días	107
Anexo 13: Resistencia a flexión a 28 días	108
Anexo 14: Informe de pulverización roca esquisto	109
Anexo 15: Informe de difracción de rayos x - cca	110
Anexo 16: Informe de difracción de rayos x - rec	111
Anexo 17: Prensa hidráulica	112
Anexo 18: Balanza electrónica	118
Anexo 19: Horno	123
Anexo 20; Vernier	128

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del concreto	09
Tabla 2. Rocas y constituyentes, minerales en los agregados	09
Tabla 3. Ensayos para agregados finos	10
Tabla 4. Ensayos para agregados gruesos	10
Tabla 5. Clasificación de agregados	11
Tabla 6. Composición del cemento según procedencia	13
Tabla 7. Clasificación de materiales puzolánicos	14
Tabla 8. Consistencia del concreto	15
Tabla 9. Componentes vitamínicos	19
Tabla 10. Componentes minerales	24
Tabla 11. Matriz de operacionalización de variables	31
Tabla 12. Cantidad de muestra por ensayo de resistencia a compresión	35
Tabla 13. Cantidad de muestra por ensayo a resistencia a flexión	35
Tabla 14. Composición química de Roca esquisto	50
Tabla 15. Composición de ceniza de cáscara de arroz	54
Tabla 16. Composición química de Ceniza de Cáscara de Arroz DRX	55
Tabla 17. Análisis granulométrico del Agregado fino (Arena gruesa)	56
Tabla 18. Análisis granulométrico del Agregado grueso	59
Tabla 19. Valores resistencia requerida	60
Tabla 20. Valores de ensayos físicos en el agregado Grueso	61
Tabla 21. Valores de ensayos físicos en el agregado fino	62
Tabla 22. Volumen Unitario de agua	62
Tabla 23. Contenido de aire atrapado	63
Tabla 24. Relación Agua/Cemento por resistencia	63
Tabla 25. Interpolación en base al módulo de fineza	63
Tabla 26. Resumen de valores absolutos de componentes del concreto	64
Tabla 27. Resumen de valores porcentual por m <sup>3</sup> de diseño.	64
Tabla 28. Resumen de valores por m <sup>3</sup> de diseño	65
Tabla 29. Proporcionamiento de diseño para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contenido de humedad	11
Figura 2. Puzolanas naturales trituradas	14
Figura 3. Falla por segregación	16
Figura 4. Falla por Exudación	16
Figura 5. Puntualización de Carga en Ensayo a Flexión	18
Figura 6. Roca Esquisto	18
Figura 7. Ciclo de rocas	19
Figura 8. Descripción zonal en mapa Geomorfológico	20
Figura 9. Mapa Geomorfológico	21
Figura 10. Formación metamórfica	22
Figura 11. Arroz en esta inicial	23
Figura 12. Ceniza de cáscara de arroz	23
Figura 13. Subproducto calcinado	26
Figura 14. Laboratorios de Ensayos de Materiales (INGEOCONTROL)	32
Figura 15. Laboratorios Geotécnicos (SGS-LAB)	32
Figura 16. Laboratorios de Ensayos de Materiales de Materiales (LEM – UNI)	33
figura 17. Cargas actuantes en ensayo a compresión	37
Figura 18. Diagrama adecuado para ensayar vigas a flexión	39
Figura 19. Ferretería de abastecimiento “SILVA”	42
Figura 20. Cemento Portland Sol Tipo I	42
Figura 21. Grupo de Reconocimiento en la localidad de Balsas	43
Figura 22. Búsqueda e Identificación de Roca esquisto	44
Figura 23. Extracción y Recolección de muestras	44
Figura 24. Almacenamiento y transporte de muestra	45
Figura 25. Pesaje y Preparación para pulverización	45
Figura 26. Muestras Pulverizada	45
Figura 27. Molde con Roca esquisto Pulverizado	46
Figura 28. Sistema de Horno por vagones	46
Figura 29. Roca esquisto Calcinada	46

Figura 30. Muestra de Roca esquisto Calcinada	47
Figura 31. Composición Química del Cemento Portland	47
Figura 32. Difractograma de muestra de roca esquisto calcinada	48
Figura 33. Peso específico con Matraz de Le Chatelier	48
Figura 34. Medición final de Peso específico	49
Figura 35. Recolección de muestras de Cáscara de arroz	49
Figura 36. Muestra Preparada para Horno por vagones	49
Figura 37. Pulverización manual de Ceniza de cáscara de arroz	50
Figura 38. Muestra drx Ceniza de Cáscara de arroz	52
Figura 39. Difractograma de muestra de Ceniza de Cáscara de arroz	53

## RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como finalidad determinar la influencia de la sustitución parcial del cemento, utilizando el calcio de roca esquisto calcinada y el alto sílice de ceniza de cáscara de arroz, evaluando las propiedades físico - mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>., la metodología de investigación fue de enfoque cuantitativo, diseño experimental de tipo aplicado, con una población de concretos de  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> y una muestra de estudio de 27 probetas cilíndricas y 6 vigas de prueba.

Se ejecutaron los diseños de mezcla, partiendo de una mezcla patrón (convencional), para posteriormente sustituir los diseños con mezcla con roca esquisto calcinada y ceniza de cáscara de arroz por la primera combinación de 3% - 5% y la segunda combinación de 5%-7% al cemento. Evaluados por ensayos físicos como la consistencia y el sangrado del concreto y por ensayos mecánicos como la resistencia a compresión y la resistencia a flexión a los diseños realizados, brindándonos como resultados de consistencia que el asentimiento disminuye hasta 1" por combinación de sustitución, de igual forma en el ensayo de sangrando al concreto (exudación) este disminuyó la exudación hasta un 0.633% en la segunda combinación mientras que, en los ensayos de resistencia a compresión con probetas cilíndricas de 4"x8", se obtuvo en la primera combinación (3%-5%) un aumento de resistencia a la edad de 28 días en un 5.2% respecto al patrón convencional, por otro lado en los ensayos de resistencia a flexión, se obtuvo una disminución continua por cada combinación de diseño hasta un 22.4% de pérdida de resistencia. Para los ensayos físicos realizados, se determinó que en cuanto a la consistencia está vuelve seca a la mezcla, al aumentar la dosificación a sustituir, este pierde asentamiento, del mismo modo en la exudación, está disminuye progresivamente para cada dosificación de sustitución, aunque la disminución del sangrado ayuda al concreto en su fase inicial del fraguado ante la aparición de fisuras, en cuanto a las pruebas mecánicas, se determinó la resistencia a compresión, que esta mejoró en la primera dosificación a edades mayores, para la resistencia a flexión esta mostro una pérdida de resistencia notoria, determinando la sustitución por la mezcla no influye en la mejora la resistencia a flexión.

**Palabras clave:** ceniza de cáscara de arroz, roca esquisto, sustitución al cemento, propiedades físico-mecánicas

## ABSTRACT

The purpose of this research work was to determine the influence of the partial replacement of the cement, using calcined shale rock calcium and the high silica of rice husk ash, evaluating the physical - mechanical properties of concrete  $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , the research methodology was quantitative approach, experimental design of applied type, with a concrete population of  $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  and a study sample of 27 cylindrical specimens and 6 test beams.

The mixing designs were executed, starting from a standard (conventional) mixture, to subsequently replace the designs with blending with calcined shale rock and rice husk ash with the first combination of 3% - 5% and the second combination of 5% -7% to cement. Evaluated by physical tests such as the consistency and bleeding of the concrete and by mechanical tests such as the compressive strength and the flexural strength to the designs made, giving us as results of consistency that the assent decreases up to 1 "per combination of substitution, of equal form in the concrete bleeding test (exudation) this reduced the exudation to 0.633% in the second combination while, in the tests of compressive strength with 4 "x8" cylindrical specimens, it was obtained in the first combination (3 % -5%) an increase in resistance at the age of 28 days by 5.2% compared to the conventional pattern, on the other hand in the flexural strength tests, a continuous decrease was obtained for each design combination up to 22.4% of loss of resistance For the physical tests carried out, it was determined that as regards the consistency it becomes dry to the mixture, as the dosage to be replaced increases, this loses settlement, in the same way in the exudation, it is progressively decreased for each replacement dosage, although the Reduction of bleeding helps the concrete in its initial phase of setting before the appearance of fissures, as for the mechanical tests, the compressive strength was determined, which was improved in the first dosage at May ages, for the flexural strength this showed a noticeable loss of resistance, determining the substitution by the mixture does not influence the improvement in flexural strength.

**Keywords:** rice husk ash, shale rock, cement replacement, physical-mechanical properties



## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, a nivel mundial se está teniendo nuevas tendencias en cuanto al elaboración de mezcla del concreto, puesto que los requerimientos de las características del concreto suelen ser múltiples. Esto incentivó a realizar nuevas investigaciones sobre el uso de diferentes tipos de adiciones, lo cual permitía mejorar algunas propiedades físico-mecánicas de la misma, tanto en estado fresco como endurecido.

En nuestro país a lo largo de últimos años surgieron nuevas alternativas para la mejoría en las propiedades de esta mezcla, dando como resultados múltiples adiciones artificiales, generando un comercio desmesurado de estos, a pesar de la alta contaminación por los químicos utilizados y a su alto costo.

En el Perú y el mundo existe una sobreexplotación de las canteras de caliza o cal, siendo superficies de gran valor económico tanto en la construcción como en industrias siderúrgica, alcanzando en el 2018 hasta un 5.5% respecto al año anterior en producción de cemento (**ASOCEM, 2019**), siendo este explotado de manera desmesurada, sabiendo que no es un material renovable, por ello se busca alternativas de materiales con similar composición.

En ese sentido, la adición de nuevas alternativas en su composición usando aditivos naturales como las rocas metamórficas tal como el esquisto, siendo un recurso no explorado y abundante como materia prima, estas rocas por su formación tienen características combinadas, teniendo porcentajes de ligantes en su fase natural, como piedra caliza, arcilla y entre otros agregados pétreos, que son puzolanas artificiales del cemento, siendo un posible sustituto de este, en un estado natural y siendo menos costosa.

De igual modo el aprovechamiento de materiales orgánicos tales como la ceniza de cáscara de arroz, en abril 2018, la cáscara de arroz alcanzó 769.9 millones de toneladas e incrementando en 1.4% con respecto al volumen reportado en el 2017 (**FAO, 2018**). Así mismo al finalizar el proceso de descascarado, se producen residuos en la cuales para estas industrias no les es útil, que proceden a quemarlo, dando como resultado las cenizas de cáscara de arroz, siendo una alternativa natural, utilizando este material desechado.

Es por ello que esta investigación está orientada a la implementación de alternativas naturales no convencionales como lo es la combinación de piedra esquisto (roca metamórfica) y las cenizas de cáscara de arroz(orgánica), las cuales por su composición

posiblemente ayuden a su mejoría en las propiedades físico-mecánicas del concreto como función de ligantes naturales.

**Los antecedentes internacionales seleccionados, en relación al objeto de investigación son los siguientes:**

Gómez, A. (2014) *Caracterización de rocas y análisis de su resistencia a fatiga por Hendimiento*. Esta tesis tuvo como objetivo, generar una tabla con valores obtenidos de las propiedades más relevantes de materiales pétreos que permita caracterizar sus aptitudes ingenieriles y determinar en particular su resistencia a fatiga por hendimiento; esta investigación es de enfoque Cuantitativa de tipo experimental. La población de estudio fue la región de Atacama y los ríos, con un total 9 tipos de muestras distintas de rocas, con una muestra de 84 probetas. Las conclusiones más relevantes que se obtuvieron fueron, En los ensayos de resistencia mecánica se demuestra que, en rocas altamente foliadas, tal como los esquistos ensayados, tienen una conducta que es señalada fuertemente por su plano de estratificación, lo que se indica que en la resistencia mecánica vario según la orientación de los planos y en las formas de falla presentada en la muestra. Este trabajo de investigación nos sirve de aporte ya que nos da a conocer el aporte máximo en cuanto a la resistencia en estado natural del esquisto, partiendo de allí por su composición y estudios que realizamos.

Montero, A. (2017) *Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador*. Esta tesis tiene como objetivo determinar el porcentaje óptimo de ceniza de cáscara de arroz (CCA) como reemplazo de cemento en la elaboración de hormigón convencional alcanzando una resistencia mayor a 21Mpa. La metodología de investigación fue experimenta con enfoque cualitativo de nivel explicativo con una muestra de 45 probetas cilíndricas de 100mmx200mm y consistió en sustituir al cemento en 10%,15%,20% y 25% con ceniza de cáscara de arroz mediante el ensayo de resistencia a compresión de 7,14 y 28 días. Se obtuvo como principal resultado que al sustituir 10% de CCA al cemento, este muestra un aumento de resistencia compresión de un 16% respecto a su muestra patrón, aunque mantiene una trabajabilidad baja con un revenimiento de 8 mm (muy baja), el autor consideró que es más favorable la adición a 15% en cuanto a la trabajabilidad ya que, al adicionar agua para ayudar la consistencia, esta no pierde resistencia a compresión. Este trabajo de investigación sirve de aporte a mi proyecto, debido a que señala el porcentaje optimo que aumenta la resistencia

y que excediendo a está tiende a disminuir bruscamente, de igual modo conocer la consistencia optima sin afectar la  $f'c$  final.

Centeno, M. [et al]. (2015) Application of rice husk ash obtained from agro-industrial process for the manufacture of nonstructural concrete blocks. Este artículo de investigación planteó como objetivo utilizar materiales de desecho, tal como la ceniza de cáscara de arroz como sustituyente proporcional de la arena y el cemento; del modo que los costos de producción por bloque sean más económicos y con esto accesibles para la población rural, sin comprometer ninguna de las características físicas y mecánicas del bloque habitual. La metodología de investigación empleada fue experimental, ya que la CCA tras la combustión presentó un porcentaje de sílice amorfa del 29.38% y esta se incorporó como sustitución parcial del cemento portland tipo I y agregado fino, desde una muestra patrón de 1:6 y 1:8 relación cemento: agregado, sometidas a dosificaciones múltiples en adición como agregado fino 1:6 y 1:8 en Finos 10/20/30% individualmente para cada grupo, del mismo modo como reemplazo de cemento en 1:6 y 1:8 de adición 10/20/30%. La investigación tuvo como muestra 84 dosificaciones distintas, aplicadas a un curado de 7 y 28 días. Los resultados obtenidos en aplicación de CCA como agregado fino y reemplazo de cemento, aplicando la dosificación 1:6 con una muestra patrón de 5.88 Mpa a curado 28 días; 1:8 con 4.95Mpa a 28 días, dando como agregado fino optimo (mayor resistencia) en 1:6 de reemplazo de finos fue el 20% de sustitución con CCA teniendo 6.28Mpa a los 28 días, del mismo modo en reemplazo del cemento, se obtuvo como resistencia mayor en esta aplicación en la proporción 1:6 con reemplazo de 20%, no siendo mayor pero obteniendo 5.30Mpa a 28 días de curado. A manera de conclusión la CCA como reemplazo de finos y cemento, este actúa de manera positiva en la resistencia a compresión, la aplicación óptima para esta investigación fue 1:6 relación cemento: agregado, en adición al 20%, aumentando hasta 10% su resistencia respecto a la muestra patrón. Considero este articulo como aporte a mi proyecto de investigación como antecedente del efecto que tiene favorable en la resistencia a compresión que puede tener la aplicación de ceniza de cáscara de arroz.

Novao, M. [et al]. (2016) *Rice husk ash and its effect on adhesive mortars*. Este artículo de investigación planteó como objetivo determinar y exponer la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz en reemplazo parcial del agregado fino en el adhesivo tipo de mortero. La metodología de investigación empleada fue experimental, ya que se analiza las propiedades física-químicas de los agregados y el comportamiento mecánico de la fluidez y

resistencia a tracción de los morteros, reemplazando de 5% hasta 25% de ceniza de cáscara de arroz como reemplazo parcial del agregado fino. La investigación tuvo como muestra en elaboración de probetas a la cuales fueron sometidas a ensayos mecánicos al igual que ensayos físicos tal como análisis granulométrico, módulo de finura, humedad, densidad, masa unitaria suelta y compacta y porcentaje de vacíos. A manera de conclusión el autor señala que la factibilidad de emplear la ceniza de cáscara de arroz como sustitución parcial del agregado fino en los adhesivos de mortero están entre 20% y 25%, sin embargo, es necesario un ajuste granulométrico de la ceniza de manera que concuerde con la distribución de tamaños de partícula de arena. Considero este artículo como aporte a mi tesis ya que muestra el porcentaje de sustitución al cemento por ceniza de cáscara de arroz, mostrando porcentajes óptimos y mejorando su resistencia.

Vargas, Y. y Perez, L. (2018) *Use of agro-industrial waste in improving the quality of the environment*. El presente artículo de investigación planteó como objetivo determinar los beneficios de los residuos agroindustriales por su composición química, al igual que el interés socio-ambiental. La metodología de investigación empleada fue descriptiva, ya que da a conocer que los residuos cuentan con un alto potencial para su aprovechamiento en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales y recuperación de condiciones ambientales alteradas. El autor concluyó con que los diversos residuos de la agroindustria presentan una composición química específica que permite utilizarlos como material adsorbente, enmiendas y texturizantes para diversos procesos, se emplean especialmente para la remoción de contaminantes como metales pesados, colorantes e hidrocarburos presentes en fuentes hídricas y suelos. De esta manera, los residuos agroindustriales son partícipes en la solución de los impactos generados por estos contaminantes, mejorando la calidad del socio-ambiente. Considera este artículo como aporte a mi tesis, porque da a conocer la gran importancia de reutilización de los materiales industriales y aprovechamiento de los recursos por su composición química.

Torres, M. y Puertas, F. (2017) *Alkaline activation of different aluminosilicates as an alternative to Portland cement: alkali activated cements or geopolymers*. El presente artículo tiene como objetivo recopilar información de la activación alcalina y/o productos industriales a lo largo de la historia y así poder conocer sus características y reacciones que tienen estas. La metodología de investigación empleada fue descriptiva, ya que el autor menciona las diversas fases y reacciones ante la activación alcalina como Cenizas volantes,

Escoria vítreas de alto horno entre otro. De la presente investigación el autor concluyó que a pesar de los múltiples avances de investigación que se tiene con nuevos materiales alternos, aun se busca conocer una conducta más provechosa. Lo cual implicaría la superación de los problemas adicionales ante la utilización de estos materiales, no obstante, estos geos polímeros muestran que son capaces de emplearse en numerosas aplicaciones de alta tecnología que están actualmente en uso. De igual modo el estudio de su composición física-química deben seguir indagándose para conducir a nuevos desarrollos de materiales sostenibles, resistentes y duraderos. En este sentido considero que este artículo es beneficioso para mi investigación ya que, utilizamos la roca esquisto como un material nuevo poco explorado en el rubro de la construcción, buscando beneficios favorables.

**Los antecedentes nacionales seleccionados, en relación al objeto de investigación son los siguientes:**

Elías, H. (2018) *Resistencia del concreto sustituyendo al cemento en un 3% y 6% por la combinación de roca esquisto y ceniza de cáscara de arroz*. Teniendo como objetivo general en determinar la influencia de la resistencia a compresión de un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al sustituir cemento convencional por combinación de roca esquisto calcinada y ceniza de cáscara de arroz en 3% (2% Roca esquisto y 1% CCA) y 6% (2% Roca esquisto y 4% CCA). La metodología de investigación empleada fue experimental y consistió en la elaboración de 36 probetas cilíndricas, las cuales fueron divididas en 3 grupos de control (Patrón, 3% y 6%) y estas fueron sometidas a ensayos a compresión. Los resultados que se obtuvieron en los ensayos a compresión en la sustitución de 3% (2% Roca esquisto y 1% CCA) tuvo una resistencia de 196.5 kg/cm<sup>2</sup> y en 6% (2% Roca esquisto y 4% CCA) con una resistencia de 247.7 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. El autor concluye la investigación que al sustituir el cemento por la combinación de 6% (2% Roca esquisto y 4% CCA), este supera en un 15% a la muestra patrón a los 28 días, mientras que en la sustitución de 3% (2% Roca esquisto y 1% CCA) esta disminuye hasta un 7% respecto a la muestra patrón, por ende el autor considera que mayor sustitución entre sus dosificaciones se obtiene como resultado un incremento notorio en su resistencia al periodo de 28 días, y por ello señala que estos materiales pueden emplearse como sustitución del cemento por la composición de estos materiales. Considero esta tesis como aporte a mi proyecto de investigación ya que puedo tomar los parámetros de dosificación superior con la finalidad de experimentar el efecto que tienen en cuanto a su resistencia.

Aliaga, A. (2017) *Evaluación ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sorptividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I, Trujillo 2017*. Esta tesis tuvo como objetivo evaluar de qué manera influye la adición de ceniza de cascarilla de arroz en la resistencia a compresión, sorptividad y densidad del mortero de cemento con proporción cemento y arena 1:4. Esta investigación es experimental, ya que desarrollan los ensayos en grupos determinados de acuerdo al tipo de aplicación de la ceniza sobre el mortero. El autor toma como muestra los morteros, adicionando arena fina y gruesa, sustituyendo al 0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de ceniza de cáscara de arroz, las cuales realiza 3 probetas por cada tipo y porcentaje de sustitución, dando un total de 30 probetas. A manera de conclusión el autor señala que las probetas de arena fina con ceniza alcanzo su punto más alto en cuanto a resistencia a compresión a 2% de ceniza, obteniendo 91.8 kg/cm<sup>2</sup> siendo mayor a su muestra patrón, en cuanto a sorptivida, se obtuvo su mejor condición (valor más bajo) en 2%, y su mayor absorción en 4%, y para densidad solo se obtuvieron valores menores que a la muestra patrón. Las probetas de arena gruesa por otro lado alcanzaron su mejor resistencia a compresión al 1% de ceniza, obteniendo 226.8 kg/cm<sup>2</sup>, y su resistencia más baja al 4% de ceniza 142.7 kg/cm<sup>2</sup>, la menor sorptividad al 1% y la mayor al mortero patrón 0%, y finalmente al igual que los morteros de arena fina, las densidades bajaron de acuerdo se le adicionaba ceniza. Por ende, la ceniza fue beneficiosa para resistencia a compresión en cantidades moderadas, pero siempre ayuda a aligerar las densidades de los morteros. Considero que la presente tesis como aporte a mi investigación ya que determina los valores máximos en cuanto la adición de cáscara de arroz con un sorptivida (Velocidad de absorción) a 1% de adición siendo menor al resto de porcentajes de adiciones.

Loayza, H. (2015) *Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal*. La presente tesis tiene como objetivo de investigación determinar el efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal a través de ensayos de laboratorio estandarizados. Esta investigación es de enfoque cuantitativo, de nivel explicativo, ya que realizamos adición en el concreto mediante ensayos, esta aplicación se da en 5,10,15 y 20% de peso del cemento a los 7, 14 y 28 días de curado. El resultado ante la aplicación de ceniza de cáscara de arroz con los porcentajes tenemos 57.64kg/cm<sup>2</sup>, 77.29kg/cm<sup>2</sup>, 96.68kg/cm<sup>2</sup> y 76.20kg/cm<sup>2</sup> superiores a la muestra patrón de 210kg/cm<sup>2</sup> con aplicación de 5,10, 15 y 20% respectivamente, obtenido como adición óptima hasta el 15% añadiendo CCA, obteniendo 306.68kg/cm<sup>2</sup>. Considero este trabajo de investigación como aporte a mi proyecto, ya que da a conocer las

proporciones óptimas de sus ensayos en cuanto a dosificaciones de Ceniza de cáscara de arroz. Considero como aporte de mi investigación ya que determina el valor porcentual máximo en la adición de ceniza de cáscara de arroz para un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Ruiz A. (2018) *Resistencia de viga con cemento sustituido en 8% y 10% por la combinación de ceniza de lodo de papel y esquisto*. Esta tesis tiene como objetivo determinar la resistencia a la flexión de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con cemento sustituido en 8% y 10% por la combinación de ceniza de lodo de papel y roca esquisto. La metodología que se empleó en este proyecto fue experimental y consistió en sustituir el cemento para evaluar la resistencia a flexión con las combinaciones de 8% (6% ceniza de lodo de papel y 2% esquisto) y 10% (6% ceniza de lodo de papel y 4% esquisto) con una muestra de 27 vigas a las edades de 7,14 y 28 días. Teniendo como resultado en el ensayo de resistencia a flexión en las probetas experimentales de 8% y 10% han incrementado de acuerdo al tiempo de curado, esta tiene un aumento notorio, para el primer diseño de 8% (6% ceniza de lodo de papel y 2% esquisto) mejorando un 6.44%, respecto a la muestra patrón, mientras que para el segundo diseño de 10% (6% ceniza de lodo de papel y 4% esquisto) mostrando una mejora hasta 12.6% respecto a la muestra patrón, por ello Castañeda concluye que el material polvo de la roca esquisto calcinada junto a las cenizas de lodo de papel mejora la resistencia a flexión a mayor sustitución de mezcla. Este trabajo de investigación sirve de aporte a mi proyecto, debido a que señala que la roca esquisto calcinada tiene propiedades cementantes, mostrando mejoras en el concreto.

Jaime, M y Portocarrero, L. (2018) *Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural*, Trujillo 2018. Esta tesis tuvo como objetivo determinar la influencia que tiene la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y la cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural a los 28 días. El diseño de Investigación de la presente tesis es Experimental. El autor toma como muestra un grupo de 56 probetas, a las cuales sustituirá el cemento por Cascarilla de Arroz y Ceniza de cascarilla de arroz al 8%, 12% y 16 % individual para cada grupo. A modo de conclusión, las muestras de aplicación de Cáscara de arroz se obtienen  $119\text{kg/cm}^2$ ,  $57\text{kg/cm}^2$  y  $34\text{kg/cm}^2$  en los ensayos a resistencia compresión aplicados a 8%, 12% y 16% respectivamente a 28 días de curado, mostrando disminución a la muestra patrón. Mientras en la aplicación de Ceniza de cáscara de arroz, se obtuvo  $231\text{kg/cm}^2$ ,  $203\text{kg/cm}^2$ ,  $182\text{kg/cm}^2$ , en la misma dosificación y 28 días de curado, mejorando las propiedades

mecánicas del concreto respecto a la muestra patrón, teniendo como máxima resistencia aplicando 8% de CCA a 28 días con  $231 \text{ kg/cm}^2$ . En este sentido considero de aporte a mi investigación ya que determina a mayor adición de CCA esta tiende a disminuir la resistencia de forma brusca.

Giaccio, G. (2016) *Exudación del hormigo, efectos en la incorporación de cenizas volantes*. El presente artículo tiene como principal objetivo, evaluar las incidencias de la incorporación de cenizas volantes, como sustituto de cemento o adición, sobre las capacidades de exudación en el concreto. La metodología de investigación fue experimental de nivel aplicado, ya que se aplicaron 3 series diferentes de dosificación, planteadas en relación a/c de 0.40, 0.55, 0.69, 0.86 con adición a Ceniza Volante (CVN – CVS) al 0%, 20% y 30%, obtiene como principales resultados que al incrementar la relación a/c que al reemplazar 20% de cemento por CVN (Ceniza volante natural) no producen variación en los parámetros de variación, mientras que en la adición de 30% ante las relaciones medias de a/c en 0.55 – 0.69 tiene aumentar la exudación hasta un 5.5%, atribuyendo que el aumento es a causa de la incorporación de un material más grueso con un asentamiento fluido. Por otro lado, al sustituir CVS (Ceniza volante Seleccionada) entre las relaciones a/c de 0.55 – 0.69 esta muestra un ligero incremento de exudación hasta un 2.2% experimentando por la misma sustitución y el cese del hormigón. En este sentido considero este artículo como aporte a mi proyecto de investigación ya que sustituyo ceniza de cáscara de arroz porcentual a la mezcla conjunto a roca esquisto calcinada mostrando un resultado diferente.

La investigación consta con las siguientes **teorías relacionadas**:

## **CONCRETO**

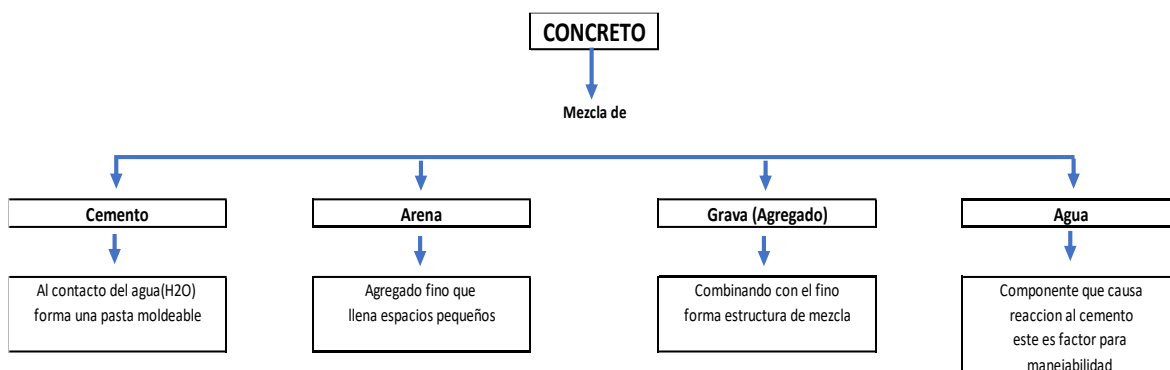
Es denominado **concreto**, al material que está constituido en 2 porciones, el cual es el producto ligante (material pastoso) y fluible (moldeable) que tiene la propiedad de solidificarse con el tiempo (fraguado) y la otra son materiales pétreos (agregados) que quedan puntuados en el producto ligante, de esta manera está constituida por agua y productos conglomerantes que es el cemento, en el **Tabla 1.**, mencionamos los componentes del concreto.

Según Belito y Paucar (2016), afirma que el concreto está constituida por componentes básicos: cemento, arena, grava y agua, el cual brinda una resistencia que depende en gran



medida de calidad y dosificación de los componentes en la mezcla, humedad y temperatura durante los procesos de fabricación, compactación y fraguado” (p.8).

**Tabla 1.** Componentes del Concreto



Fuente: Diseño y Control de Mezclas de Concreto

## AGREGADOS

Estos deberán cumplir múltiples parámetros para que su uso fuese optimo en trabajos ingenieriles, lo cual el material debe estar limpias, resistentes, durables y libres de productos químicos, revestimiento de materiales finos en cantidades que afecten su hidratación y adherencia a la pasta cementante. Se evitan agregados con cantidades abundante de rocas esquistasas, materiales blandos y porosas, particularmente evitar rocas con poca resistencia ya que estas por su composición causan defectos superficiales, como erupción en el concreto. Entre las cuales tenemos **Tabla 2.**

**Tabla 2.** Rocas y Constituyentes Minerales en los Agregados

MINERALES	ROCAS ÍGNEAS	ROCAS SEDIMENTARIAS
Sílice	Granito	Conglomerado
Cuarzo	Sienita	Arenisca
Calcedonia	Diorita	Cuarcita
Tridimita	Periodita	Grauvaca
Cristobalita	Pegmatita	Subgrauvaca
Silicatos	Vidrio Volcánico	Piedra arcillosa
Feldespatos	<b>ROCAS METAMÓRFICAS</b>	Limonita
Arcilla	Mármol	Carbonatos
Mica	Metacuarcita	Caliza
Ceolita	Pizarra	Dolomita
Carbonato	Filita	Marga
Calcita	Esquisto	Greda
Dolomita	Anfibolita	Chert
Sulfato	Homfels	
Yeso	Gneis	
Anhidrita	Serpentinita	
Sulfuro de Hierro		
Óxido de hierro		

Fuente: Régil, W (2013)

**Agregado fino** proviene de la pulverización artificial o natural de rocas, que cumple para parámetros mínimos en sus ensayos granulométricos haciendo como pase mínimo el 95% por el tamiz N° 3/8"-9.50mm y retenido en tamiz N°200-0.074mm que cumplan según límites establecidos según **NTP 400.037**, las cuales son normadas para proseguir con los parámetros en sus ensayos **Tabla 3**.

**Tabla 3.** *Ensayos para agregados finos*

<b>NORMA</b>	<b>ENSAYO</b>
<b>NTP 400.010: 2011</b>	Extracción y preparación de las muestras.
<b>NTP 400.043: 2015</b>	Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.
<b>NTP 339.185: 2013</b>	Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
<b>NTP 400.018: 2013</b>	Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 $\mu$ m (N.º 200) por lavado en agregados. 3ª Edición.
<b>NTP 400.12: 2013</b>	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
<b>NTP 400.017: 2011</b>	Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.
<b>NTP 400.022: 2013</b>	Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

Fuente: INACAL (2018).

**Agregado grueso** es el que proviene de pulverización artificial o natural de rocas, a diferencia del agregado fino, este cumple que cumple para parámetros diferentes en sus ensayos granulométricos haciendo como pase mínimo el 95% por el tamiz N° 4-4.75mm, según límites establecidos según **NTP 400.037**, las cuales son normadas para proseguir con los parámetros en sus ensayos **Tabla 4**.

**Tabla 4.** *Ensayos para agregados gruesos*

<b>NORMA</b>	<b>ENSAYO</b>
<b>NTP 400.010 : 2011</b>	Extracción y preparación de las muestras.
<b>NTP 400.043 : 2015</b>	Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.
<b>NTP 339.185 : 2013</b>	Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
<b>NTP 400.018 : 2013</b>	Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 $\mu$ m (N.º 200) por lavado en agregados. 3ª Edición.
<b>NTP 400.12: 2013</b>	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
<b>NTP 400.017: 2011</b>	Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.
<b>NTP 400.021: 2013</b>	Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado Grueso.

Fuente: INACAL (2018).

**Contenido de Humedad**, la finalidad del ensayo es determinar la cantidad de agua superficial que posee los agregados (Fino y Grueso) con respecto a su peso seco y es una característica primordial ya que contribuye al incremento de agua en la mezcla del concreto, la cual se debe considerar antes de dosificar un grupo, como bien señala la **NTP 339.185**. Estos agregados se presentan según su condición: **Figura 1**.

- Totalmente seco
- Parcialmente Seco
- Saturado y Superplastificante
- Totalmente Húmedo



*Figura 1. Contenido de humedad*

**Peso unitario volumétrico**, es la relación entre el peso del agregado (grueso y fino) y el volumen que ocupa el mismo en Kg/m<sup>3</sup>. Se usa para conocer el consumo de agregados en m<sup>3</sup>, como señala la **NTP 400.017**.

Se clasifican en dos tipos:

#### **Peso Unitario Suelto**

Para este ensayo se establece la relación peso/volumen (kg/cm<sup>3</sup>), al dejar caer por su propio peso desde 10-15cm aproximadamente, sobre un recipiente de volumen conocido y constante. Este valor nos permite transformar pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con los agregados.

#### **Peso Unitario Compacto**

Similar al Peso Unitario Suelto, solo que compactando el agregado dentro del molde. El valor del Peso Unitario Compacto nos sirve para el diseño de mezcla con el método **ACI**.

#### **Tabla 5.**

**Tabla 5. Clasificación de agregados**

CLASIFICACIÓN	PESO UNITARIO
pesados	>1900
normales	1120-1900
livianos	<1120

Fuente: Jaime, Portocarrero (2018)

**Peso Específico**, Es relación entre el peso sobre un volumen sólido, a una determinada temperatura al peso del mismo volumen del agua destilada, a su misma temperatura como señala la **NTP 400.022**.

Los valores de **absorción** sirven para poder calcular la masa de un agregado que varía debido al agua que absorbió, entre los poros de las partículas que lo constituyen, comparado a la condición seca, cuando este ha estado en contacto con el agua lo suficiente para poder satisfacer la absorción máxima.

**Agua**, es el componente que funciona como materia prima para la elaboración de mezclas de concreto, dado que esta hace desarrollar los componentes del cemento, su capacidad ligante. Esta proporción o dosificación se aplica según la consistencia que se desea.

Este cumple cierto parámetros de pureza, ya que existen agentes contaminantes podrían ser perjudicial para la mezcla ya que esta pasta no cumpliría su función de ser hacerla más fluida y lubricar los agregados para su mayor manejabilidad en estado fresco.

## **CEMENTO**

Se denomina **cemento** a una sustancia conglomerante que funciona como ligante y que mezclado con agregados pétreos (finos y gruesos) y agua, esto crea una mezcla uniforme y plástica, este hace conjunto al agua, que fragüe y endurezca la combinación de agregados tomando consistencia pétrea, formando el concreto; se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producto de la calcinación hasta la fusión química entre los materiales arcillosos y calcáreos. La composición según materia prima en **Tabla 6**.

Tiene los siguientes componentes químicos entre los principales tenemos:

- **Silicato dicalcico:** Resistencia a un mayor plazo, no tiene incidencia en el calor de hidratación.
- **Silicato tricálcico:** Resistencia inicial e influye al calor de hidratación constante.
- **Aluminato tricálcico:** Es precisó su adición en la fabricación del cemento ya que cataliza la relación de silicatos, sino provocaría un fraguado violento.
- **Aluminio:** influye en la velocidad propia de la hidratación y el calor de hidratación.

Componentes secundarios: Oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Para los componentes químicos en sus materias prima para la fabricación del cemento y proporciones tenemos:

**Tabla 6.** Composición del Cemento según procedencia

PROCENTAJE (%)	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA
95% <	Oxido de calcio (CaO)	Roca Caliza
	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Arenisca
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcilla
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcilla y Mineral de Hierro
5% >	Oxido de Magnesio,	Minerales Varios
	Sodio, potasio, fósforo, azufre, titanio y magnesio	

Fuente: EMP – Cemento Pacasmayo

**Cemento portland**, es aglomerante hidráulico compuesto básicamente de silicatos de calcio hidráulicos, generalmente contienen más de una forma de sulfato de calcio con adición de yeso o algún material en su fabricación, sus requisitos como bien señala a **NTP 334.009**. Estos cementos, en su forma normalizada se fabrican en 5 tipos ya que sus propiedades cumplen parámetros distintos, como bien señala especificaciones de la norma **ASTM C 150**.

CEMENTO PORTLAND T-I: Uso estándar sin requerimientos especiales.

CEMENTO PORTLAND T-II: Uso estándar y resistencia moderada ante sulfatos y/o calor de hidratación.

CEMENTO PORTLAND T-III: Uso al requerir grandes resistencias iniciales.

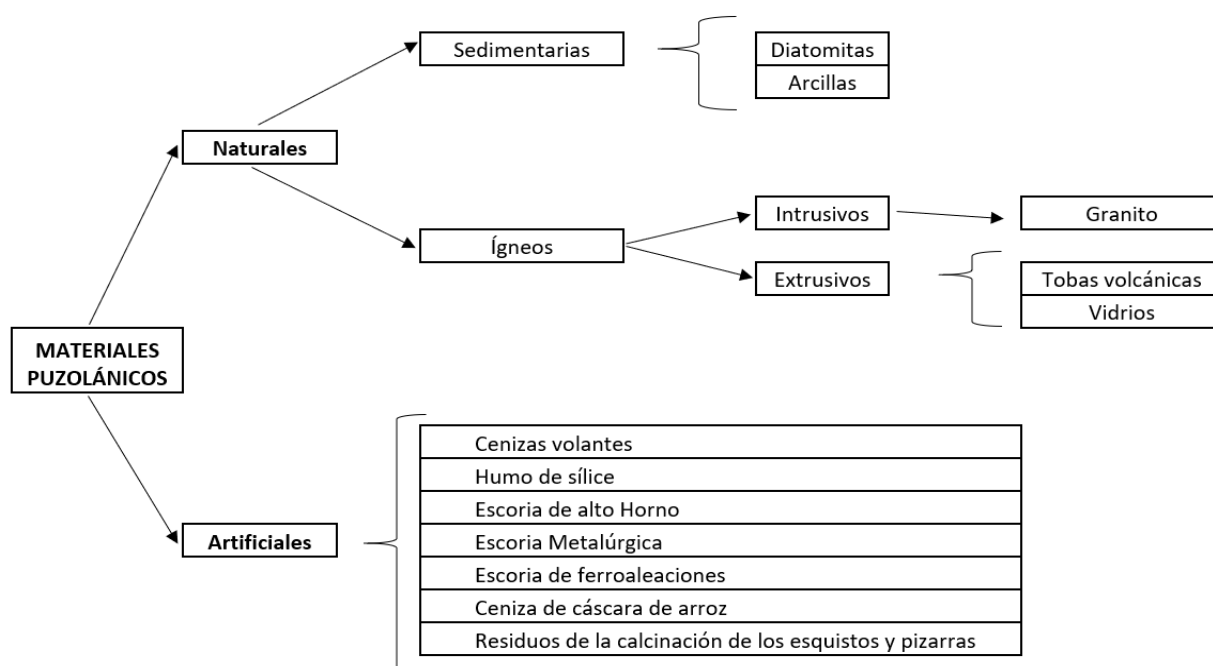
CEMENTO PORTLAND T-IV: Uso cuando se desea bajo calor de hidratación.

CEMENTO PORTLAND T-V: Uso cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

### **Puzolanas**

Se describe como un material silicoso, el cual contiene proporciones bajas de valor cementante, aunque en presencia de humedad esta reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas bajas del modo de formar compuestos con propiedades cementantes. Estas se clasifican por su material y forma de obtenido, natural o artificial que contenga sílice en una forma reactiva. Se clasifica según sus materiales puzolánicos **Tabla 7**.

**Tabla 7.** Clasificación de materiales puzolánicos



Fuente: Loayza (2014).

**Puzolanas naturales**, pertenecen al grupo de puzolanas volcánicas, al igual que una serie de productos naturales que tiene un comportamiento reactivo frente al cal; las puzolanas naturales son componentes sialíticos (silicios y aluminio). El proceso de las puzolanas naturales está sometida usualmente a molienda, trituración y estas se dividen por sus tamaños, por ellos en su mayoría son volcánicas ya que derivan de rocas y contienen gran variedad de minerales, mostradas en la **Figura 2**.



*Figura 2.* Puzolanas naturales trituradas

**Puzolanas Artificiales**, son resultado de procesos agro-industriales, ya que son generadas de subproductos y materiales con tratamiento térmico; su producción y utilización es gran interés ya que alarga la vida de los recursos naturales por tu reutilización de material, y de manera económica, la rentabilización del residuo.

El gran impacto que tienen las industrias cementeras ante la gran explotación de canteras y contaminación de nuestro planeta, se ha impulsado a que estas busquen alternativas sustentables para el cuidado del medio ambiente, utilizando complementos cementantes para su reemplazo parcial en un inicio, ya sea natural o artificial.

## CONCRETO

El concreto presenta características básicas que lo hacen diferente al resto de materiales ya que estos tienen ciertas pautas para su preparación, como para proporción de sus componentes para llegar la forma deseada. El concreto tiene dos etapas, el fresco y el endurecido, en el primero es Trabajabilidad, Segregación, Exudación y Contracción, y en el segundo Elasticidad y Resistencia.

### CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Se presenta en el concreto recién mezclado, se encuentra en estado fluido(plástico) en el cual no comienza el proceso de fraguado, ni endurecimiento. Antes llegar a la fase del fraguado está tiene que ser depositada en un sitio permanente, en cuanto a las principales propiedades en estado fresco son:

**La trabajabilidad**, en esta propiedad se define como el grado de fluidez de la mezcla la cual cumple parámetros de consistencia **Tabla 8.**, según la Norma **ASTM C 143**

Según Aceros Arequipa (2017), nos indica que la manera más común de poder medir la trabajabilidad es mediante el ensayo del slump, en el cual se procede a medir la diferencia de altura del concreto y la parte superior del cono invertido, cuando la masa mantiene mayor altura será mas trabajable a que cuando el concreto tiene menor altura, puesto que esta no fluirá (par.3).

**Tabla 8.** *Consistencia del concreto*

TIPO DE CONCRETO	ASENTAMIENTO	COMPORTAMIENTO
MUY SECO	< 2"	NO FLUYE
SECO	2" a 3"	NECESITA AYUDA PARA FLUIR
PLÁSTICO	4" a 5"	FLUYE BIEN
FLUIDO	6" a 7"	FLUYE RÁPIDAMENTE
MUY FLUIDO	> 7"	MUY FLUIDO

Fuente: Elaboración propia, extraída de Supervisión, Control y Evaluación. UNI, 2012.

**Segregación** se define como separación de los componentes propios en una mezcla en estado fresco, dando como resultado **Figura 3**.

Según Aceros Arequipa (2017), Señala que la segregación sucede cuando los agregados gruesos, tienen un mayor peso, como la piedra chancada se separan de los demás materiales del **concreto**. Es importante controlar el exceso de segregación para evitar mezclas de mala calidad” (par. 4).



Figura 3. Falla por segregación

**Exudación**, en esta propiedad se define como ascenso y filtración de porcentaje de agua sobre la superficie de la mezcla **Figura 4.**, se obtiene parámetros de **NTP 339.077**.

Según Aceros Arequipa (2017). Señala que el sangrado se ocurre cuando parte del agua de la mezcla sube a la superficie. Se prioriza controlar la exudación ya que esta debilita por exceso tiene a debilitar por sobre concentración de agua (par. 5).

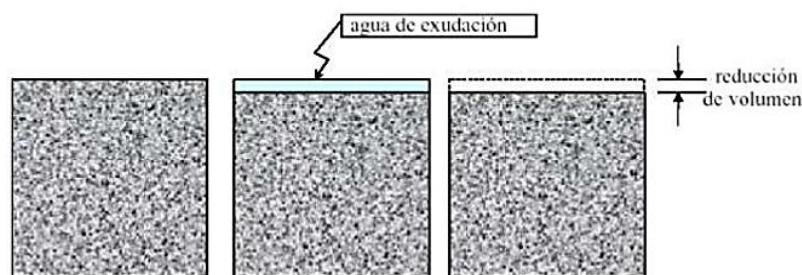


Figura 4. Falla por Exudación

## CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Este estado no se encontró una ley general para verificar el comportamiento del concreto bajo los esfuerzos que es sometido, sin embargo, podemos determinar propiedades en cuanto al estado endurecido, con esta podemos inferir su comportamiento. En las cuales podemos determinar las propiedades más conocidas.

Una estructura de concreto se encuentra sometida a diversos estados de sollicitación en las cuales tenemos, compresión, corte, flexión, tracción diametral, entre otros.



Las cuales se llevan a cabo ensayos de control que analicen dichos requerimientos de su dosificación, lo cual estos controles realizados deben cumplir parámetros normalizados.

Para la determinación de la **resistencia a compresión** del patrón en un diseño estructural, es necesario el  $f'_c$  que se utilizó en el diseño de la base, la cual se utilizó en memoria de cálculos. En este sentido, una de las características más relevantes del concreto, es la capacidad en resistencia a compresión, siendo este un factor principal para determinar la calidad de la misma, por lo que se puede determinar mediante ensayos de laboratorio con parámetros normados, según NTP.

Esta se determina mediante muestras cilíndricas estandarizadas variables de 0.15m de diámetro y 0.30m de altura, tras cumplir el tiempo de curado estas muestras en 7,14,21 y 28 días, para determinar su máxima resistencia, según sea su dosificación.

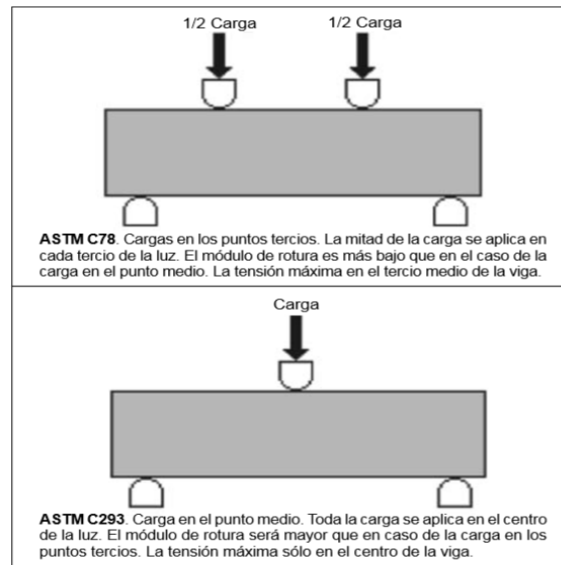
**La resistencia a flexión** es denominada el módulo de ruptura, estas propiedades que se manifiestan al igual que esfuerzo justo en el punto que cede la resistencia flexional. Este es frecuente cuando se aplica pruebas flexionales transversal, donde la muestra es cuadrangular y estas son sometidas hasta que se fractura o seda. Esta será posicionada según especificaciones, como se muestra en *Figura 5*.

Se establece que el  $M_r$  (módulo de rotura) se encuentra del 10% al 20% referenciada de resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. El Módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%”

Según Blanco (2011), Señala que “la flexión en todo elemento estructural presenta cuando ese elemento se encuentra sometido a cargas perpendiculares a su plano, estas cargas son extremas y transversales, generando esfuerzos de flexión y fuerzas cortantes a lo largo de su eje longitudinal” (p.153).

Para la **elaboración de ensayos de flexión**, tanto como preparación, manipulación y proceso de curados de las vigas, son sensibles por su forma. Las vigas de muestra deberán ser realizadas según norma y ensayadas cuando estén aun húmedas. La trabajabilidad en los procesos normalizados tiene dificultades y está en propensa a arrojar valores de Modulo de Rotura no confiables y bajos, al mostrar un periodo corto de secado este puede tener caídas en la resistencia a flexión, mostrada en la *Figura 5*.

Figura 5. Puntualización de Carga en Ensayo a Flexión.



Fuente: National Ready Mixed Concrete Association (2015)

## ROCA ESQUISTO

Una roca metamórfica, un tipo de la familia de roca caliza, con propiedades similares a esta, suave, porosa y color blanco-gris.

Cuando el metamorfismo es muy intenso, es difícil determinar si la roca original fue ígnea o sedimentaria. Esta es una roca metamórfica, que presenta tal grado de metamorfismo que puede ser considerada por sus características especiales sin coincidir sobre su origen, como se muestra en **Figura 7**.

Las rocas de esquisto tienen la tendencia a desarrollar topográficamente una superficie de valles y cadenas montañosas paralelas. Algunos de estos tipos de esquistos se utilizan en edificación como recubrimiento de techos. Los esquistos calcáreos se utilizan, porque a veces se encuentran dentro de su formación lentes de mármol que pueden ser explotados industrialmente. **Figura 6**.



Figura 6. Roca Esquisto

La roca esquistosa se clasifica de acuerdo a los minerales que predominan en su estratificación entre ellas tenemos.

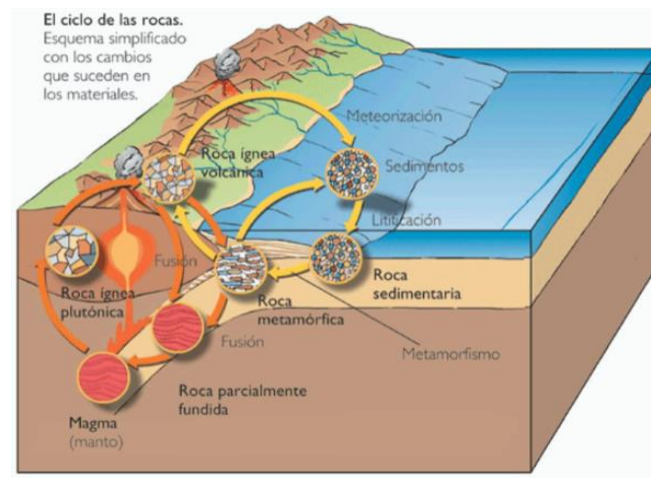


Figura 7. Ciclo de rocas

Según Herrera (2005):

La roca esquistosa se denomina como un mineral sobresaliente mediante la exfoliación zonal. Todos esos minerales predominantes en las rocas esquistosas pertenecen a los silicatos donde el silicio y el oxígeno se combinan con elementos metálicos. La estructura de sus moléculas siempre contiene un átomo de silicio y cuatro de oxígeno (p. 221).

### Formación Geológicas en el Perú

El Perú se divide por cartografías y zonificaciones según su caracterización geológica, las cuales se subdividen por su composición litológicas (estructura), mediante unidades geográficas, estas pueden asociarse a unidades mayores, subdividirse(miembros) o diferenciarse de unidades menores, siendo capas. Mostradas en la **Figura 8**.

#### Unidades geológicas metamórficas

- Complejo Marañón (Precámbrico)
- Grupo Ancash (Precámbrico)
- Grupo Puno (Jurásico)

#### Unidades geológicas Sedimentarias

- Formación San José (Ordovícico)
- Formación Sandia (Ordovícico)
- Formación Ananea (Devoniano)

- Grupo Cabanillas (Devoniano)
- Grupo Ambo (Carbonífero)
- Grupo Tarma (Carbonífero)
- Grupo Copacabana (Pérmico)
- Grupo Pucará (Triásico)
- Formación Sarayaquillo (Jurásico)
- Grupo Oriente (Cretáceo)
- Formación Yahuarango (Paleoceno)
- Formación Chambira (Neógeno)
- Formación Ipururo (Neógeno)
- Formación Río Picha (Mioceno)
- Formación Satipo (Neógeno)
- Depósitos aluviales Pleistocénicos (Pleistoceno)
- Depósitos glaciáricos (Holoceno)
- Depósitos Aluviales Subrecientes (Holoceno)

### Unidades geológicas ígneas

- Plutones granitos y monzogranitos (Carbonífero)
- Plutones de granodioritas y tonalitas (Carbonífero)

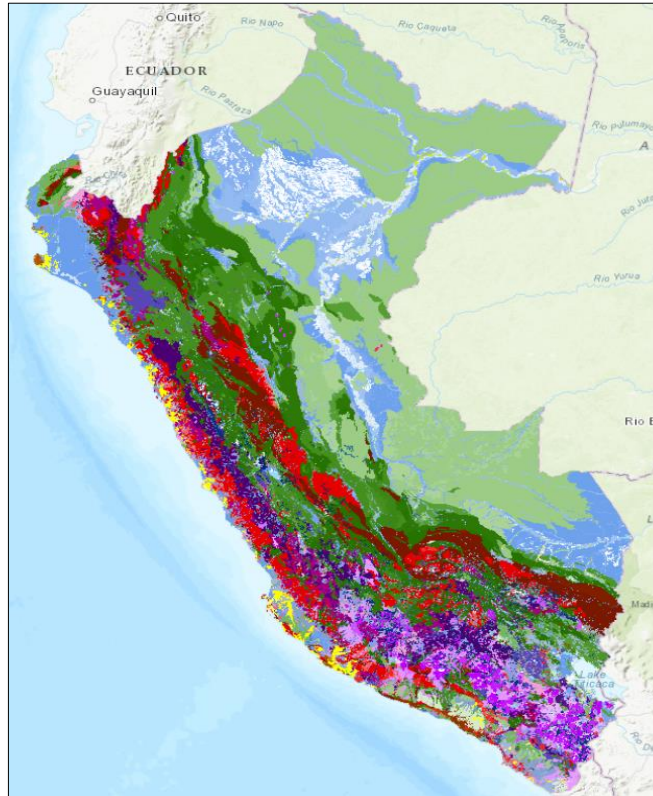
Figura 8. Descripción zonal en mapa Geomorfológico

Geomorfología		
RM-ri, Montaña en roca intrusiva	RMC-ri, Montañas y colinas en roca intrusiva	RCL-rv, Colina y lomada en roca volcánica
RM-rv, Montaña en roca volcánica	RMC-rv, Montañas y colinas en roca volcánica	RCL-rvs, Colina y lomada en roca volcano-sedimentaria
RMM-rv, Montañas y mesetas volcánicas de lavas y brechas volcánicas	RMC-rvs, Montañas y colinas en roca volcano-sedimentaria	RCL-rs, Colina y lomada en roca sedimentaria
RM-rvs, Montaña en roca volcano-sedimentaria	RMC-rs, Montañas y colinas en roca sedimentaria	RCL-ol, Colina y lomada con Olistostroma
RM-rs, Montaña en roca sedimentaria	RMC-rm, Montañas y colinas en roca metamórfica	RCL-rm, Colina y lomada en roca metamórfica
RM-rm, Montaña en roca metamórfica	RMCE-rs, Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria	RCLD-ri, Colina y lomada disectada en roca intrusiva
RM-cgl, Montaña con cobertura glaciar	RC-ri, Colina en roca intrusiva	RCLD-rs, Colina y lomada disectada en roca sedimentaria
RME-ri, Montaña estructural en roca intrusiva	RC-ci/sv, Colina en cuerpos intrusivos o subvolcánicos	RCLD-rm, Colina y lomada disectada en roca metamórfica
RME-rv, Montaña estructural en roca volcánica	RC-rv, Colina en roca volcánica	RCLD-rv, Colina y lomada disectada en roca volcánica
RME-rvs, Montaña estructural en roca volcano-sedimentaria	RC-rvs, Colina en roca volcano-sedimentaria	RCLD-rvs, Colina y lomada disectada en roca volcano-sedimentaria
RME-rs, Montaña estructural en roca sedimentaria	RC-rs, Colina en roca sedimentaria	RL-ri, Lomada en roca intrusiva
RME-rm, Montaña estructural en roca metamórfica	RC-rm, Colina en roca metamórfica	RL-rs, Lomada en roca sedimentaria
LM-ri, Ladera de montaña en roca intrusiva	RCE-rvs, Colina estructural en roca volcano-sedimentaria	Mo-i, Monte isla
LM-rvs, Ladera de montaña en roca volcano-sedimentaria	RCE-rs, Colina estructural en roca sedimentaria	R-k, Relieve kárstico
LM-rs, Ladera de montaña en roca sedimentaria	RCE-rm, Colina estructural en roca metamórfica	Do, Domo de sal
LM-rm, Ladera de montaña en roca metamórfica	RCD-rvs, Colina disectada en roca volcano-sedimentaria	APe-s, Altiplanicie estructural sedimentaria
	RCL-ri, Colina y lomada en roca intrusiva	AP-s, Altiplanicie sedimentaria

Fuente: INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico).

En el presente Mapa Geomorfológico, destaca la existencia y diversidad de materiales litológicos en el Perú, mostrando la diversidad de zonal en cada región, hallándose la roca esquisto en zonas metamórficas, como se muestra en el **Figura 8 y 9**.

*Figura 9. Mapa Geomorfológico*



Fuente: INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico).

### **Características del esquisto**

En el siguiente contexto se muestran las principales ventajas del esquisto, debido a su composición físico-químico que posee.

En la guía “Materiales de la construcción - Cementos” del departamento de Ciencia e Ingeniería del terreno y de los materiales de la Universidad de Cantabria en 2015, nos indica que la aplicación de roca esquisto calcinada, es producido a temperaturas alrededor de 800°C, la cual está conformada principalmente por  $\text{Ca}_2\text{Si}$  (silicatos bicalcico), aluminato monocalcico y mostrando porciones menores de óxidos puzolanizantes reactivos tras su calcinación, siendo ingredientes comunes del cemento portland, poseendo propiedades hidráulicas y puzolanas.

En el afiche tecnico “CIP 30 - Adiciones al Cemento” de NRMCA (National ready mixed concrete association), afirma que la utilizacion de puzolanas naturales tienen generalmente a origen volcanico y estos materiales tienden a ser reactivos. En los estados unidos las puzolanas naturales comercialemnte disponibles son los esquistos calcinados, estas son prodicidas mediante calcinacion contralada de minerales de origen natural, los esquistos son utilizados a mayormente porcentajes en peso, ya que muestran una composicion muy variada, principalmente silicatos de calcio.

Entre las caracteristas por su composicion fisica tenemos que:

La roca esquisto no es una roca con numemrosas usos industriales, ya que por su abundancia en granos de mica y su equistosidad (laminaridad) como se muestra en **Figura 10.**, esta lo convierte en una roca con baja resitencia fisica, inadecuada para el uso como agregado en la construccion, pero por su facil manipulacion es optima para uso decorativo(acabados) en la construccion.



*Figura 10. Formación metamórfica*

## ARROZ

uno de los cereales más antiguos de los que se tenga más constancia, con propiedades positivas y nutrientes para el cuerpo humano. La producción de los cultivos de arroz es más adaptable y que estas toleran condiciones de calor, humedad y fríos en particular, e incluso su producción se da en suelos con ácidos, salinos y alcalinos.

La cáscara de arroz es un subproducto de industrias molineras dando como material abundante en el sector arrocero en todo el mundo, en las cuales ofrece, múltiples beneficios al ser usado como sustrato hidropónico. Las propiedades que ofrece son de aspecto físico-



químicos ya que es un sustrato orgánico de bajo porcentaje de descomposición, siendo liviano, de buen drenaje y buena aireación. Teniendo como componentes en **Tabla 9**.



*Figura 11. Arroz en esta inicial*

**La Ceniza de cáscara de arroz**, es el sub producto de la cáscara de arroz, un desecho agro-industrial resultado de altos volúmenes en zonas de siembra y proceso del arroz, este material es utilizado como fuente de Si(silicio) para la obtención de silicatos de calcio y sometidos bajo algunos parámetros hasta refuerzo del concreto, mostradas en la **Figura 12**.



*Figura 12. Ceniza de cáscara de arroz*

Aplicación en el concreto, ya que la cascarilla de arroz sin ningún tratamiento ocasiona problemas en las fases de fraguado y endurecimiento del concreto, por ello es necesario minimizar esos efectos, mediante procesos alternos. Aplicamos el método de calcinación ya que es el más empleado por las grandes industrias del concreto, ya que son sometidas a procesos de calcinación de entre 400°C a 700°C, es porque en este punto de temperatura la cascarilla sufre una fusión de sus componentes obteniendo la ceniza de cáscara de arroz.

Loayza (2015), señala que la ceniza de cáscara de arroz para hacerla altamente puzolánica es necesario tener control en la quema totalmente. La temperatura no sobrepase los 700°C, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad” (p.70).

Aunque la cáscara de arroz es utilizada frecuentemente como fuente calorífica, esta requiere de un mecanismo de acelera para llevar a cabo una óptima combustión, se muestra su composición en la **Tabla 10**.

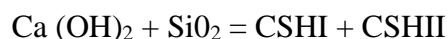
**Tabla 10.** Composición mineral de la ceniza de cáscara de arroz

ELEMENTO	COMPOSICIÓN
Potasio (K <sub>2</sub> O)	1.1
Sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.78
Calcio (CaO)	0.25
Magnesio(MgO)	0.23
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	1.13
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	96.51
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

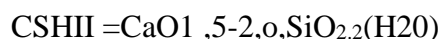
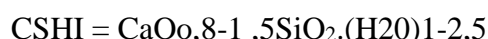
Fuente: Elaboración propia, datos extraídos de Valverde (2007).

La **reacción ante la adición** de ceniza de cáscara de arroz en el cemento y mezcla, cuando la sílice amorfa de la ceniza de cáscara de arroz a reacción con el hidróxido de calcio liberado al iniciar la hidratación del cemento para formar silicatos de calcio hidratados, del tipo CSHI y CSHII, componentes encargados de mejorar la resistencia.

Las cuales la reacción se ilustra de la siguiente forma:



Tenemos:



*Fórmula 1.* Composición del cemento con sílice

**Puzolanidad en la Ceniza de cáscara de arroz**, Consta en la capacidad propia del componente para adherirse al hidróxido de calcio, producido durante la hidratación del Clinker del cemento portland, formando compuestos de características similares(cementantes). Las principales características al adicionar puzolana, inicia en presencia de hidróxido de calcio la cual es Clinker con cemento hidratado, este reacciona y



desarrolla sus propiedades cementantes, en este sentido por sí sola no puede desarrollar actividad puzolánica o será en velocidades mínimas, en el punto de vista práctico.

La ceniza de cáscara de arroz por su composición química tiene la característica de tener un gran porcentaje de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), también muestra una composición estructural vítrea amorfa (cristales en desorden), de igual modo estar finamente molidos, lo que les otorga una gran superficie específica.

### **Métodos de elaboración de Ceniza de cáscara de arroz**

Los estudios experimentales demostraron el comportamiento en cuanto a la temperatura de calcinación de la cáscara de arroz es baja y la duración de la exposición a esta temperatura se mantiene en tiempo parcialmente corto, haciendo que la sílice en la ceniza retenidas muestra un carácter amorfo

Los procesos de calcinación de cáscara de arroz se obtienen a través de diferentes técnicas de calcinación entre las cuales son:

- Calcinación a campo abierto
- Calcinación en hornos
- Calcinación en lecho fluido

En el siguiente contexto se muestran las principales ventajas la ceniza de cáscara de arroz, debido a su composición química y uso como producto sostenible.

En la guía “Proyectos beneficioso en productos renovables” de Alienergy (Alternativas integrales de energía renovable) menciona que la ceniza con una óptima calcinación, sirven como sustituto parcial del Clinker en el cemento, por ello el tratamiento térmico fue determinado entre las temperaturas  $600^\circ\text{C}$  a  $850^\circ\text{C}$  para determinar el grado óptimo que es el grado amorfo y cristalizándose a temperaturas superiores a estas.

La cáscara de arroz al ser calcinada adecuadamente, como resultado se obtiene un residuo mineral, rico en sílice y alumina, la cual depende de la temperatura de la combustión del producto, dando como resultado la CCA.

- ✓ Mejora las propiedades del concreto en cuanto:
  - Aumento de durabilidad
  - Disminución del calor de hidratación

- Aumento de resistencias
- ✓ Ahorro de energía renovable
- ✓ Protección al medio ambiente
  - Reducción en emisión de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>
  - Uso de subproductos industriales



*Figura 13. Subproducto calcinado*

## **Formulación al Problema**

### **El problema general de la investigación**

¿De qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

### **Los problemas específicos de la investigación**

¿De qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a la consistencia del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

¿De qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a la exudación del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

¿De qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a la resistencia a compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

¿De qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a la resistencia a flexión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

**La justificación de estudio de la investigación** está orientada a la aplicación nuevas alternativas naturales no convencionales en cuanto a la elaboración de mezcla del concreto, como es en este caso usamos combinación de sílice de la ceniza de cáscara de arroz y calcio de esquisto que son puzolanas artificiales del cemento siendo un posible sustituto natural de esta; Combinando rocas metamórficas ya que estas contienen gran porcentaje de Oxido de Calcio CaO y material orgánico que calcinando se obtiene sílice SiO<sub>2</sub>, siendo un recurso abundante y poco estudiado.

En este sentido, se implementan tendencias en la elaboración del concreto, por ello se planteó realizar una mezcla con caracteres naturales con el fin de sustituir al cemento.

Debido que en el Perú hay explotación de recursos finitos no renovables por industrias cementeras, sin buscar alternativa de materiales no explorados que sustituyan la función del ligante convencional que es el cemento.

Brindará un mejor conocimiento para nuevos métodos a realizarse adelante para mejorar el diseño de mezcla de concreto y a su vez permite el estudio de nuevas teorías acerca de nuevos sustitutos cementantes no estudiados.

Este estudio se realizó por que se busca obtener una mejora de las propiedades físico-mecánicas del concreto, sustituyendo el cemento por una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz permitiendo sustituir un cemento convencional con un resultado similar o mejor.

Del modo Socio-Ambiental, La sustituyendo del cemento por una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz contribuye a la reducción de explotación a canteras, sin buscar alternativa de materiales alternativos y ambiental debido a que conserva el medio ambiente puesto que se evita la extracción extensa y desmesurada de canteras para obtener el material apropiado.

La presente tesis contiene las siguientes **hipótesis de investigación**,

#### **La hipótesis general de la investigación**

La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

#### **Las hipótesis específicas de la investigación**

La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en la consistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en la exudación del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en la resistencia a compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en la resistencia a flexión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

### **El objetivo general de la investigación**

Determinar de qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a las propiedades físico- mecánica del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

### **Los Objetivos específicos de la investigación**

Determinar de qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a la consistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Determinar de qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a la exudación del concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$

Determinar de qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a la resistencia a compresión del concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$

Determinar de qué manera influye la sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz con respecto a la resistencia a flexión del concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación:**

El tipo de investigación es aplicada, debido a que se requirió de los conocimientos teóricos de la disciplina para la resolución del problema, como la teoría de las propiedades físicas-mecánicas del concreto.

Hernández, Fernández y Baptista (2002), sugiere respecto al estudio aplicado, como aquel tipo de investigación con fines prácticos en sentido de dar soluciones a problemas señalados en un margen de conocimiento. Se encuentra ligada a la aparición de problemas concretos y al deseo del investigador de brindar una solución a estos. (p.101).

#### **Nivel de Investigación:**

El nivel de investigación realizado en este proyecto es explicativo, debido a que la causa, de sustitución de la mezcla esquistosa con ceniza de cáscara de arroz, explicará la variación de las propiedades físico-mecánicas del concreto en  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Según Terrones (2016), En el nivel de investigación al ser explicativo es dar la aclaración del hecho, fenómeno o problema en forma clara y precisas, porque es lo que es, por el suceso el, el sentido, las consecuencias, las relaciones existentes y tener una mejor comprensión del hecho dentro de su espacio tiempo (par. 1).

#### **Diseño de investigación:**

El diseño de la presente investigación es experimental, ya que busca sustituir el cemento con una Mezcla de Roca esquistosa y ceniza de cáscara de arroz (variable independiente) con respecto a las propiedades físico-mecánicas del concreto  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  (variable dependiente).

Ramón (2010), señala que los diseños experimentales son fundamentalmente las relaciones causa/efecto, particularmente, cuando se desea estudiar y conocer como una variable independiente (causa) puede modificar a una variable dependiente (efecto) (p.1).

**Enfoque de investigación:**

El enfoque es cuantitativo ya que centra su estudio en el tratamiento de los datos directamente del modo de obtener resultados con más precisión

La investigación cuantitativa engloba información empírica (Material medible, pesable y contable), terminando con datos y resultados numéricos.

**2.2. Operacionalización de Variables****Variables de investigación**

Se clasifican las variables que se estudiarán en la investigación:

**Independiente (estimulo)**

Mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz

**Dependiente**

Propiedades Físico - Mecánica

## Operacionalización de Variables

Tabla 11. Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
<b>Mezcla de esquisto y cenizas de cáscara de arroz</b>  <b>(Independiente)</b>	<p>Loayza (2014), Nos dice que la CCA es el sobrante de la quema de la cáscara de arroz; con el fin de hacerlo altamente puzolánica y para esto es necesario tener un control completo en la quema. Ya que la temperatura no debe pasar de 700°C, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad, perdiendo su amorficidad (p. 29).</p> <p>Bravo (2015), Señala que los esquistos “Son rocas metamórficas con estructura laminar ondulada e irregular (estructura esquistosa [...]) Compuesta por moscovita, biotita, clorita, cuarzo, plagioclasa y minerales típicamente metamórficos como: cloritoide, estauroлита, andalucita, sillimanita, etc.” (par. 1).</p>	<p>Se diseña una mezcla de <math>f'c=210\text{kg/cm}^2</math>, sustituyendo el cemento convencional con una mezcla de Esquisto y Ceniza de cáscara de arroz, en 3%-5% y 5%-7% respectivamente.</p>	<b>3% y 5% (Dosificación)</b>	PULVERIZACIÓN ( $\mu\text{m}$ )	PREPARACIÓN DE MUESTRA	De Razón
				CALCINACIÓN ( $^{\circ}\text{C}$ )	HORNO DE VAGONES	
			<b>5% y 7% (Dosificación)</b>	PULVERIZACIÓN ( $\mu\text{m}$ )	PREPARACIÓN DE MUESTRA	
				CALCINACIÓN ( $^{\circ}\text{C}$ )	HORNO DE VAGONES	
<b>Propiedades Físicas-Mecánicas</b>  <b>(Dependiente)</b>	<p>Según Balderrama (2016) nos menciona que las Propiedades Físicas “Pretende abarcar aquellas cualidades que se pueden identificar por simple observación y/o mediciones simples, y que son inherentes a cualquier mezcla en menor o mayor grado, en función del cuidado que se tenga con ella” (p. 1).</p> <p>Según Bermejo (2014) define que “Las propiedades mecánicas son características que determinan el comportamiento del material cuando se sujeta a esfuerzos mecánicos” (p.3).</p>	<p>Se evaluará las propiedades físicas- mecánicas del concreto para ver el comportamiento ante la sustitución de mezcla cementaría.</p>	<b>Propiedades Físicas Del Concreto</b>	Consistencia (pulg.)	CONO DE ABRAMS	INTERVALO
				Exudación (%)	APARATOS Y EQUIPOS	De Razón
			<b>Propiedades Mecánicas Del Concreto</b>	Resistencia a Compresión $\text{Kg/cm}^2$	PRENSA COMPRESORA	
				Resistencia a Flexión $\text{Kg/cm}^2$	PRENSA FLECTORA	

## 2.3. Población muestra y muestreo

### Población

La presente tesis tendrá como población finita y objeto, al concreto de resistencia a compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y de resistencia a flexión, con sustitución parcial del cemento portland con mezcla de esquistos y ceniza de cáscara de arroz al 0% (patrón), 3% y 5%, 5% y 7% respectivamente, para su aplicación en trabajos ingenieriles.

La población fueron elaboradas en los Laboratorios de Ensayos de Ingeniería Geotécnica y Control de Calidad (INGEOCONTROL) en **Figura 14.**, donde se hicieron los estudios de agregados, diseños de mezcla y pesos específicos de los materiales por sustituir (Roca esquistos y Ceniza de Cáscara de arroz), en los Laboratorios de Ensayos de Materiales de Materiales en la Universidad Nacional de Ingeniería (LEM-UNI) en **Figura 15.**, en cual se realizó los ensayos actividad puzolánica de la ceniza de cáscara de arroz y en los Laboratorios Geotécnicos de (SGS-LAB) en **Figura 16.** especialistas en análisis mineralógicos, la cual se realizó preparación de muestra de la roca esquistos, chancando y pulverizando hasta obtener la medida deseada (Tamiz M. #200).

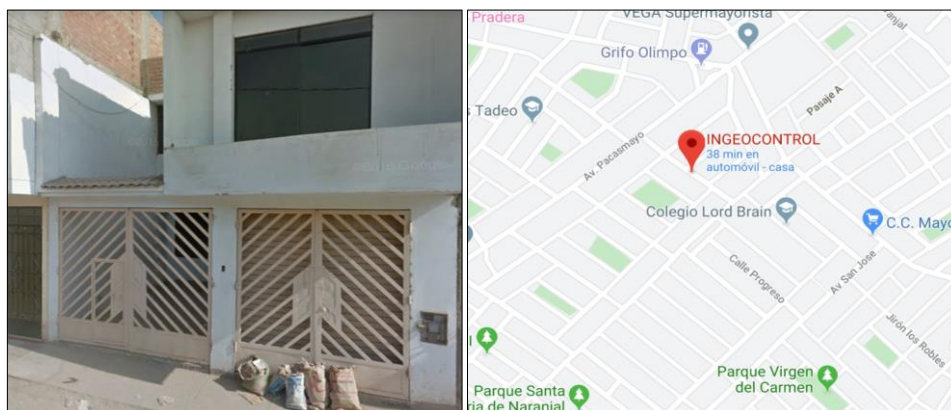


Figura 14. Laboratorios de Ensayos de Materiales (INGEOCONTROL)

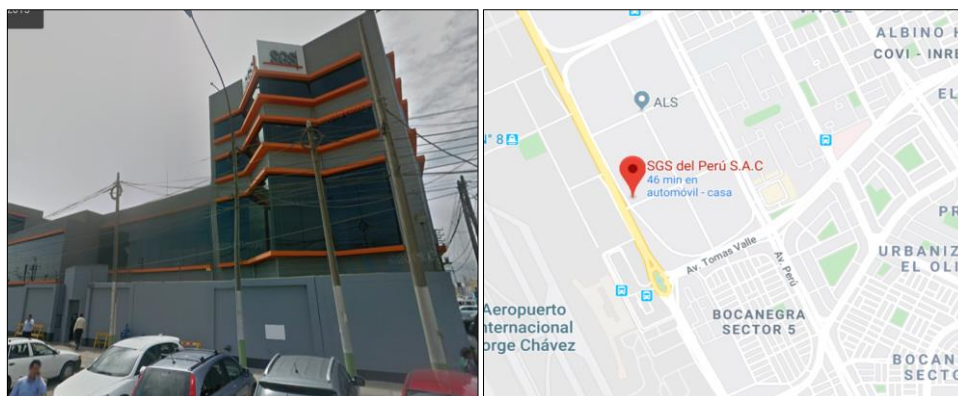


Figura 15. Laboratorios Geotécnicos (SGS-LAB)



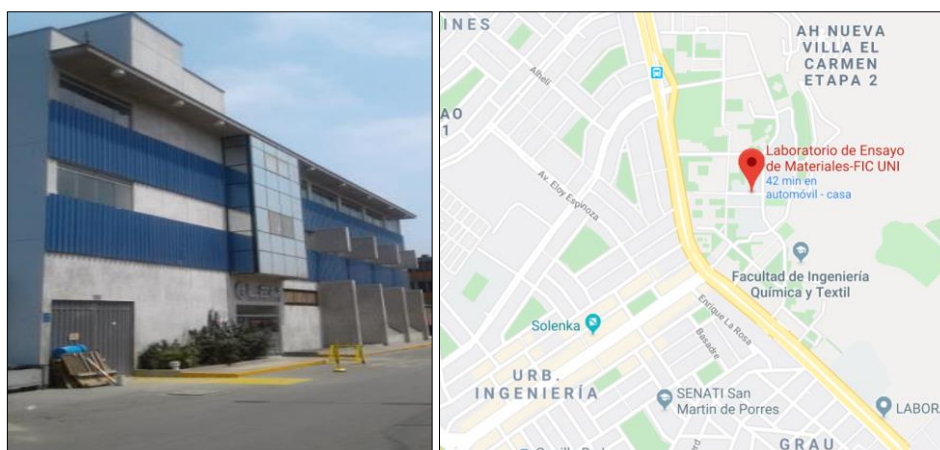


Figura 16. Laboratorios de Ensayos de Materiales de Materiales (LEM – UNI)

## Muestra y Muestreo

El tipo de muestreo de la investigación será considerado no probabilístico de juicio, debido a que al ensayar los materiales de construcción se sigue parámetros normados, según juicios técnicos establecidos. Ensayos de acuerdo a normas **NTC-1377** o **ASTM-C31** y **ASTM-C78**.

McMillan y Schumacher (2005), nos indica que el muestreo no probabilístico está dado por el intencional y por conveniencia. Aunque tales muestras tienen gran disponibilidad y se pueden obtener fácilmente, su uso limita la generalizabilidad. (p. 180).

Las muestras en análisis se escogieron para el desarrollo de la presente investigación de tesis, las cuales están constituidas por probetas cilíndricas para los ensayos de resistencia a la compresión, que tienen una dimensión de 8" de largo con 4" de diámetro y para los ensayos de resistencia a flexión son rectangulares con una sección de 15cm x 15cm y una longitud de 54cm.

Las cuales están conformadas en 2 grupos, las cuales serán analizadas en especímenes por cada dosis de aplicación, en el caso de resistencia a compresión conformados por 3 grupos de pruebas, siendo grupo 0% (grupo patrón), 3% y 5%, 5% y 7% de sustitución de cemento por la mezcla esquistos y ceniza de cáscara de arroz (*Tabla N°15*), siendo estas distribuidas en cuatro edades de ruptura para el seguimiento de resistencia individual para cada grupo, siendo en 7 días, 14 días, 21 días y 28 días. De igual modo en el caso de resistencia a flexión (*Tabla N°16*) se aplica los grupos de dosificación dando como total de muestras a ensayar de 27 probetas y 3 vigas.

Como se muestra en la **Tabla 12.**, se utilizará como muestra para el ensayo de resistencia a compresión 27 Probetas cilíndricas de 8"x4" (20cmx 10cm), medidas normalizadas según **ASTM C-39/ NTP 339.034.**

**Tabla 12.** Cantidad de muestra por Ensayo a Resistencia a la Compresión

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN / ASTM C-39				
EDAD (Días)	% de Sustitución con Mezcla Esquisto y CCA			
	Patrón (0%)	3% y 5%	5% y 7%	TOTAL
7	3	3	3	9
14	3	3	3	9
28	3	3	3	9
# DE PROBETAS				27

Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo en la **Tabla 13.**, se utilizará como muestra para el ensayo de resistencia a flexión 6 vigas 15x15 de sección por 50 de longitud, medidas normalizadas según **ASTM C-78/ NTP 339.078.**

**Tabla 13.** Cantidad de muestra por Ensayo a Resistencia a Flexión

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN / ASTM C-78				
EDAD (Días)	% de Sustitución con Mezcla Esquisto y CCA			
	Patrón (0%)	3% y 5%	5% y 7%	TOTAL
28	2	2	2	6
# DE VIGAS				6

Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo para cada combinación de muestra, serán sometidas a ensayos de propiedades físicas, las cuales tenemos:

#### **- Ensayo de Asentamiento (ASTM C-143)**

Se realizará 2 Muestras por cada combinación, la cual obtendremos un resultado confiable.  
Total, de muestra: 6

#### **- Ensayo de Exudación (ASTM C-232)**

Se realizará 2 Muestras por cada combinación, la cual obtendremos un resultado confiable.  
Total, de muestra: 6

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnica de recolección de datos**

La técnica a ejecutar para definir la resistencia a la compresión y resistencia a flexión de las probetas con sustitución al cemento con una mezcla de esquistos y ceniza de cáscara de arroz a diferentes dosis, es la observación, ya que se recolecta datos de laboratorio, haciendo experimentación en aplicación del estímulo.

Díaz (2011). Da a conocer que la observación es el elemento fundamental para cada proceso de investigación, ya que esta se ayuda al investigador un mayor porcentaje en datos. De igual modo gran parte de los conjuntos de conocimientos que constituyen los estudios, fueron logradas mediante la técnica de la observación. (p.3).

Esta técnica es vital dentro de nuestro estudio, ya que de esta manera podremos analizar el comportamiento de que tiene el concreto ante el efecto que tiene el concreto al sustituir el cemento con la aplicación de la mezcla esquistos y ceniza de cáscara de arroz.

Del mismo modo se pudo tomar información de la Norma Técnica Peruana, ASTM, biblioteca universitaria virtual-física y medios de web, ya que en ella hay múltiple información que podemos usar para comparar, resultados locales como internacionales.

### **Instrumento de recolección de datos**

Para poder evaluar las propiedades de manera adecuada se utilizó la técnica de observación experimental ya que nos permite realizar hoja o ficha, formatos o registro de datos, para el control y seguimiento de las variables.

Para esta investigación se usaron las siguientes **Fichas técnicas, para recolección de datos:**

Ficha N°1: ENSAYO DE ASENTAMIENTO (ASTM C-143)

Ficha N°2: ENSAYO DE EXUDACIÓN (ASTM C-232)

Ficha N°3: ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (ASTM C-39)

Ficha N°4: ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (ASTM C-78)

Las fichas técnicas se muestran en los **ANEXOS 3, 4, 5 y 6**. respectivamente.

## **Validez del instrumento**

Podemos decir que la validez del instrumento es un concepto que hace referencia a la capacidad de un instrumento de medición para cuantificar de forma adecuada la variable que se pretende medir.

Hernández (2010) nos indica en procesos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretenda medir. (p.201).

Esta investigación se validará mediante el laboratorio certificado donde se realizará cada ensayo de la presente tesis, mediante laboratoristas especializados.

Del mismo modo los instrumentos de validación, las fichas técnicas serán validados mediante juicios de expertos, es decir por ingenieros civiles especialistas que certifican y firman la validez de los ensayos realizados, como se muestra en el resumen de ficha técnica **ANEXOS 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17.**

La cual validan las fichas técnicas que engloban mi variable dependiente:

Ficha N°1: ENSAYO DE ASENTAMIENTO (ASTM C-143)

Ficha N°2: ENSAYO DE EXUDACIÓN (ASTM C-232)

Ficha N°3: ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (ASTM C-39)

Ficha N°4: ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (ASTM C- 78)

## **Confiabilidad del instrumento**

La confiabilidad ofrece la calidad, por ello los instrumentos usados en cada ensayo deben de estar certificados, de modo que con ello podremos lograr un estudio congruente y confiable.

Según BRIONES (2000) nos indica que la confiabilidad del instrumento es el grado de confianza o seguridad con el cual se pueden aceptar los resultados alcanzados por un investigador basado en los procedimientos utilizados para efectuar el marco del estudio.

Para la presente investigación se utilizó los instrumentos del laboratorio certificado “INGEO-CONTROL”, a cargo del especialista Gerente Gutiérrez Abanto, Jonny.

El cual cuenta con instrumentos calibrados según las normas establecidas para cada ensayo.

Los instrumentos a utilizar son los siguientes:

- Prensa Hidráulica (Ensayo a resistencia Comprensión/Flexión)
- Cono de Abrams y complementos (Ensayo de Asentamiento)

- Recipiente estandarizado y complementos (Ensayo de Exudación)
- Tamices y otros (Complementarios)

Mostradas en los **Anexos 18, 19, 20 y 21.**

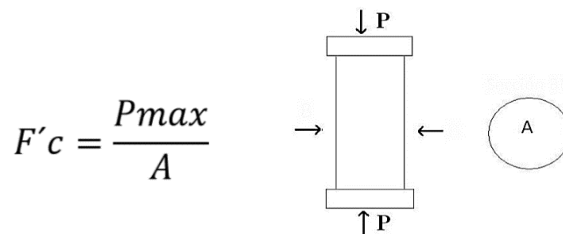
## **2.5. Procedimiento**

El procedimiento que se realizó en la ejecución del proyecto de investigación, desde recolección de datos hasta resultados, consta en las siguientes fases:

- Determiné la procedencia del material, según cantera de calidad mediante referencias, la cual escogí “Cantera San Martin”.
- Se recolectará los agregados gruesos y finos, material de la cantera seleccionada.
- Se utilizó “Cemento Portland Sol Tipo I”, verificando la fecha de caducidad, este cemento lo adquirimos en los supermercados conocidos.
- Se recolectó el material a incorporar roca esquisto, en el distrito de “Balsas”, departamento de Amazonas.
- De igual modo se obtuvo la cáscara de arroz de la piladora “villa de monte” en la ciudad de Chiclayo.
- Posteriormente se prepararon la muestra de roca esquisto a incorporar al cemento según ASTM C786, triturando y pulverizando la muestra en los laboratorios de “SGS Perú”
- Una vez pulverizada la muestra de roca, se procedió a calcinar en los hornos por vagones en la empresa “ITAL GRES INDUSTRIAL SAC”, al igual que la cáscara de arroz, ya que después se preparó la muestra al igual que la roca esquisto, pero forma manual según los parámetros de ASTM
- El material se almaceno y separo para realizar sus respectivos ensayos según procedimiento estandarizados de ASTM D-422/ASTM C33/ASTM C566-97
- Dosificamos la relación A/C con los materiales, para poder realizar el diseño de mezcla del concreto (Patrón) de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  mediante el método del ACI 211.
- Una vez dosificada pasa por los parámetros del **Ensayo del Asentamiento (Slump)** según ASTM C143/ NTP 339.035, que se realizó para cada combinación de mezcla, es decir, para cada diseño de mezcla se realizará este ensayo para determinar el grado de fluidez del concreto, con los parámetros mencionados en **Tabla N°8. Consistencia del concreto.**

- Del mismo modo, se realizó el **Ensayo de Exudación** regida por la **NTP 339.077/ ASTM C-232**, para cada combinación de mezcla, dando inicio a la mezcla patrón y posteriormente a las combinaciones con % de Roca esquisto y CCA, este ensayo determina cantidad relativa de agua de la mezcla y el porcentaje en cuanto al tiempo del ensayo
- De igual forma se realizan los **Ensayos de Resistencia a Compresión** el cual es usado para determinar la Resistencia a Compresión conforme a NTP 339.034 – ASTM C39, con probetas cilíndricas preparadas en la dimensión de 4”x 8” diámetro y altura respectivamente conforme a especificaciones de NTP 339.033 y el curado acorde a NTP 339.183, NTP 339.037 y NTP 339.216, mostradas en **Figura 17**.

*Figura 17. Cargas actuantes en ensayo a compresión*



Dónde:

$F'c$ : Resistencia de rotura a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_{max}$ : Carga máxima de rotura (kg)

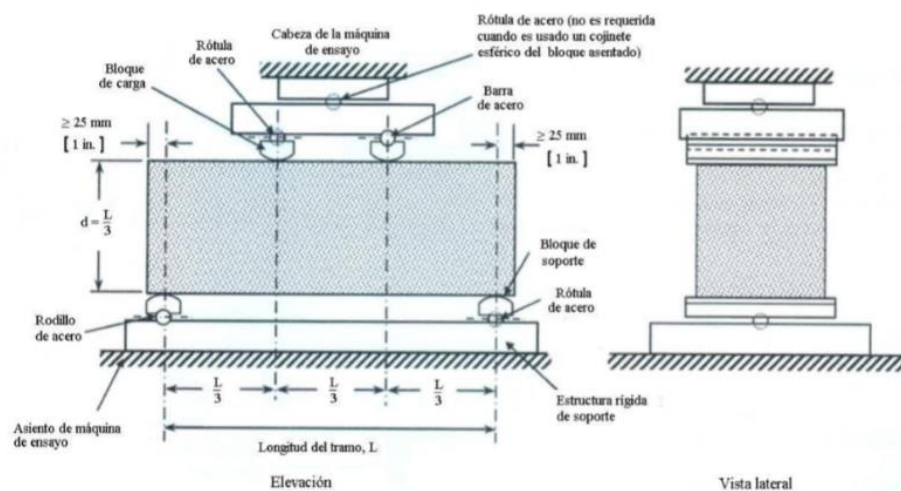
A: Área de la probeta (cm<sup>2</sup>)

- Se realizará las rupturas de las probetas, las cuales serán sometidas a cargas de “Prensa hidráulica”, esta determinará la carga máxima de la muestra y el diseño a realizar, expresado en Kg/cm<sup>2</sup>, estas serán realizadas a su respectivo tiempo de curado de 7, 14 y 28 días, 3 probetas para cada combinación, como para la muestra patrón, para las cuales fueron establecidas en el presente proyecto de investigación.
- De igual forma se realizará los **Ensayos de Resistencia a Flexión** es usado para determinar la Resistencia Flexión conforme a **ASTM C293**, con los especímenes de prueba(vigas) de concreto preparadas a 15x15cm de sección y 50cm de longitud conforme a especificaciones de **NTP 339.033** y el curado de acorde a **NTP 339.183**, Mostradas en la **Figura 18**.

La aplicación deberá cumplir especificaciones de Método de ensayo y preparación y curado de probetas para ensayo a flexión en **NTP 339.044**(Obra) y **NTP 339.0458**(laboratorio).

Usando parámetros para viga de concreto para los ensayos de aceptación, las cuales cumplen la ASTM C 1077.

*Figura 18. Diagrama adecuado para ensayar vigas a flexión*



Fuente: ASTM C-78

La viga tendrá luz libre entre los apoyos equivalentes a 3 veces su altura, los lados laterales de la viga formando ángulos rectos con cara superior e inferior de la misma.

Los lados deberán ser lisos y libre de porosidad o marcas no apropiadas que afecten en resultados del ensayo.

Mencionando la forma de colocación de las muestras (Vigas), se procede a determinar la carga máxima del mismo modo, estas se realizarán, a máximo tiempo de curado 28 días, 2 vigas por cada combinación, iniciando desde la muestra patrón hasta las combinaciones con mezcla roca esquisto con CCA.

## 2.6. Métodos de análisis de datos

Los métodos de análisis son aquellos que se aplican al concluir las etapas de recolección y procesamiento de los datos obtenidos.

Según ÁVILA (2011) nos indica que, al concluir las etapas de colección y procesamiento de los datos, se da inicio de una de las fases más importantes de la investigación, siendo esta el análisis de datos ya que determina como analizar los datos obtenidos y que herramientas de análisis estadístico son adecuadas para la presente investigación.

En el presente proyecto de investigación se recopiló información sobre los ensayos en los laboratorios planteados, se analiza, ordena y presentan los datos que consiste en evaluación de Propiedades Físico-Mecánicas del concreto  $F'_c=210\text{kg/cm}^2$  sustituyendo cemento con una mezcla de esquisto y cenizas de cáscaras de arroz.

## **2.7. Aspectos éticos**

El proyecto de investigación, se enfoca principalmente en cuidar la confidencialidad y privacidad de toda información recopilada para la elaboración de mi tesis, de la misma manera esta información fue procesada mediante el software del TURNITIN, el cual nos otorgara y avalara que esta investigación es de autoría propia.

En lo que confiere a las fuentes bibliográficas usadas para la recopilación de información, se ha seguido el régimen del estilo ISO 690.



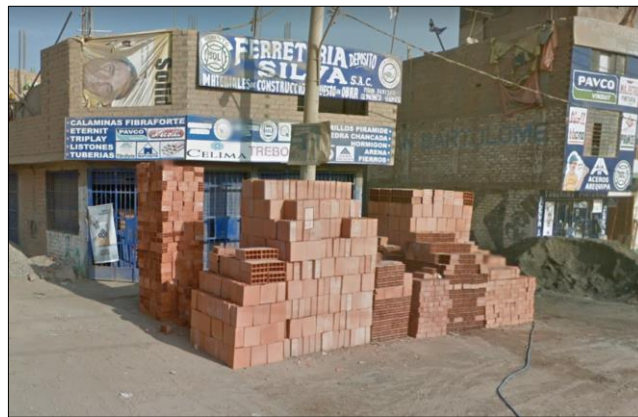
### III. RESULTADOS

#### 3.1. Desarrollo de Procedimiento

El desarrollo de procedimiento del presente proyecto está compuesto por las siguientes etapas, las cuales fueron ejecutadas por procesos estandarizados según el ACI (American Concrete Institute) comité 211 y ASTM (American Society for Testing and Materials).

##### - PROCEDENCIA DEL MATERIAL

Determiné la procedencia del material, según cantera de calidad mediante referencias, la cual escogí “Cantera San Martín”. Lo cual la ferretería “SILVA” me habilitó con el material necesario para el presente proyecto de investigación, ya que dicha cantera no abastece directamente cantidades menores, mostrada en la **Figura 19**.



*Figura 19.* Ferretería de abastecimiento “SILVA”

Se recolectó los agregados gruesos y finos (arena gruesa), material de la cantera seleccionada.

Se utilizó “CEMENTO SOL” portland tipo I, verificando la fecha de caducidad, este cemento lo adquirimos en el supermercado “MAESTRO”, como se muestra en la **Figura 20**.



*Figura 20.* Cemento Portland Sol Tipo I

## - RECOLECCIÓN DE ROCA ESQUISTO

Para la recolección de la roca esquisto se realizaron investigaciones previas de su afloramiento, consiguiendo como resultado, en la localidad de balsas (Amazonas), ya conociendo que en la zona yacen rocas de edades paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas, ubicadas en el Complejo Mara  n, encontrando la roca metamórfica (Esquisto).

Para la identificación de la muestra se realizó una expedición en la zona, conjunto a dos geólogos de la empresa “GEODA GROUP SAC”, como se observa en la **Figura 21,22 y 23**, obteniendo la veracidad y confiabilidad del espec  men, como se muestra en el informe de petrografía macroscópica en el **Anexo 17**.



*Figura 21.* Grupo de Reconocimiento en la localidad de Balsas

En la localidad Balsas se encontró gran cantidad de rocas metamórficas y algunos cuerpos intrusivos menores tales como Gneis, Esquistos micáceos, pizarras, filitas y cuarcitas. Las cuales la expedición duro un total de 4 horas aproximadamente.





*Figura 22. Búsqueda e Identificación de Roca esquistó*



*Figura 23. Extracción y Recolección de muestras*





*Figura 24. Almacenamiento y transporte de muestra*

Posteriormente se prepararon las muestras extraídas tal como se observa en **Figura 25.**, para seguir el proceso de pulverización, realizada en los laboratorios “SGS Perú” obteniendo un pase de 75  $\mu\text{m}$  (Malla #200) realizada con **ASTM C-786** para finura del cemento hidráulico, mostrada en el **Anexo 14.**



*Figura 25. Pesaje y Preparación para pulverización*



Figura 26. Muestras Pulverizada

Tras la obtención de muestra pulverizada, se procedió a calcinar las muestras a una temperatura de  $700^{\circ}\text{C}$  ascendiendo hasta  $900^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, obteniendo la transformación de los minerales, simulando el efecto de fabricación de Clinker (Fase previa al cemento), con la roca esquisto pulverizada. Se procedió a colocar al horno como se muestra en la **Figura 26**. un aproximado de 5kg en cada molde como se muestra en la **Figura 27**.



Figura 27. Molde con Roca esquisto Pulverizado

Se realizó la calcinación de la muestra en la empresa “ITAL GRES INDUSTRIAL SAC”, mediante horno por vagones, obteniendo como resultado de roca esquisto calcinado, como se muestra en la **Figura 28**.



*Figura 28. Sistema de Horno por vagones*

Tras la calcinación de 8 horas de manera ascendente (temperatura), se obtuvo un cambio visual notorio, cambiando de gris a un anaranjado oxido, haciéndose grumoso como se observa en la **Figura 29**.



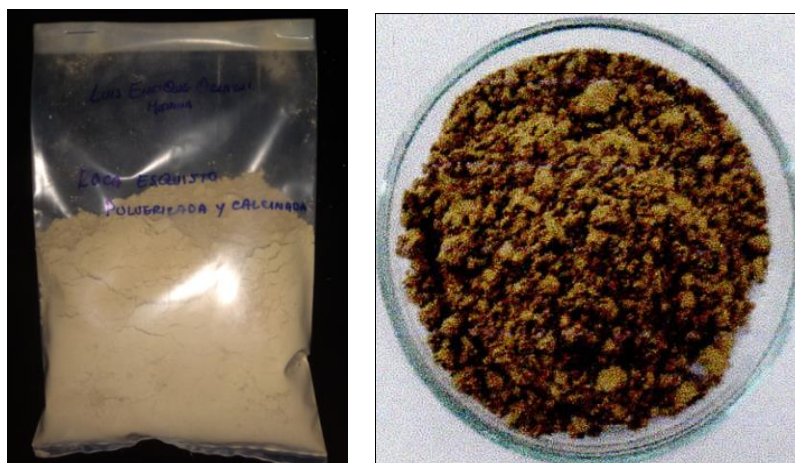
*Figura 29. Roca esquisto Calcinada*

Para culminar el proceso de preparación a mezcla cementante, se prosigue a pulverizar y pasar por el Tamiz #200, nuevamente, consiguiendo la finura inicial.



## DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

Se realizó los Análisis de Composición Química por Difracción de rayos x, ya que esta permite identificar las fases cristalinas mediante el difractograma, obteniendo su aspecto cualitativo como cuantitativo de la muestra, realizados en el Laboratorio de Química N°12 (LABICER) de la Universidad Nacional de Ingeniería, para la muestra de Roca esquisto pulverizada y calcinada a una finura de 75  $\mu\text{m}$  (Malla No. 200) se muestra el informe en el **Anexo 15.**, como se observa la preparación de muestra en la **Figura 30.**



*Figura 30.* Muestra de Roca esquisto Calcinada

Previo a los resultados del Análisis a la Roca esquisto, se muestra la composición química del cemento en la **Figura 31.**, del modo de comparar sus valores químicos, ya que en la petrográfica macroscópica se muestra componentes similares a estos.

NOMBRE	COMPOSICIÓN	Proporción %	
		clínker	cemento
Sílice	SiO <sub>2</sub>	21.4	19.9
Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.5	5.1
Hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.8	3.5
Cal Combinada	CaO	66.4	64
Magnesia	MgO	1.4	1.3
Azufre	SO <sub>3</sub>	0.3	3.6
Cal libre	CaO	1	0.9
Alcalice	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	0.9	0.8

*Figura 31.* Composición Química del Cemento Portland

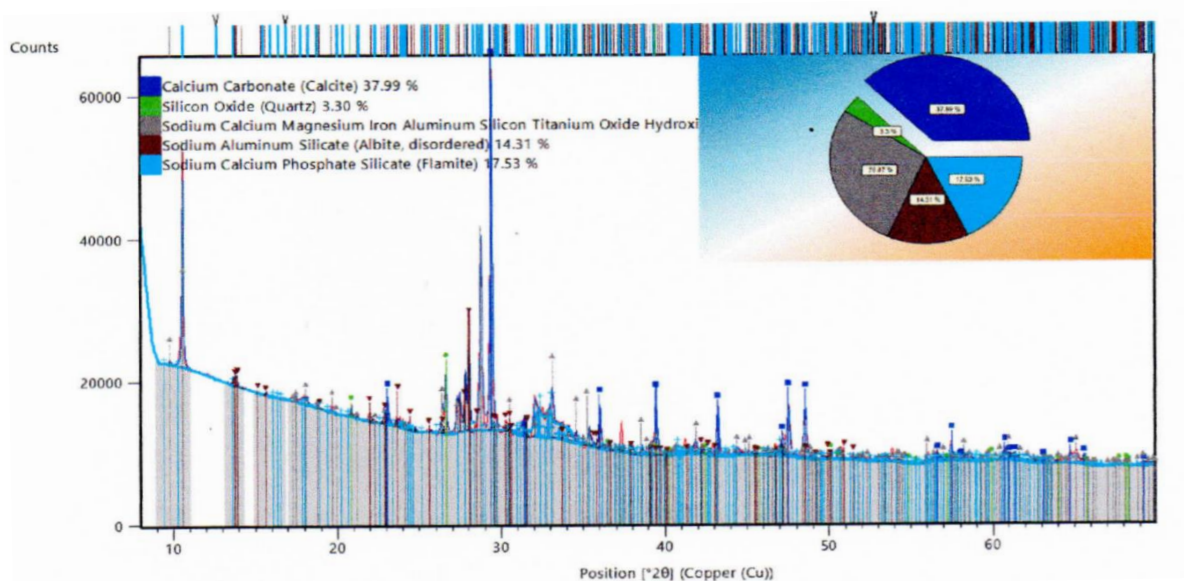


Figura 32. Difractograma de muestra de roca esquisto calcinada

Se presenta el difractograma en la **Figura 32.**, del análisis de la Roca esquisto calcinada y pulverizada, encontrando picos altos de cristalización a favor de Carbonato de calcio (Calcitas) en 37.99%, Ferri-tschermakita con composición variada (Sodio, Calcio, Magnesio, hierro, Aluminios, Silicios, titanio, Óxido hidróxido) con 26.87%, mostrándose pocos puntos medios según difractograma, Fosfato silicato de sodio y calcio (sodio, calcio, fosfato, silicatos) con 17.53% mostrando picos bajos con mayor intensidad, Silicato de aluminio y sodio (Albita, desordenada) con 14.31% y Óxido de silicio (Cuarzo) en 3.30%, con pocos picos y baja intensidad.

Tabla 14. Composición química de Roca esquisto

COMPUESTO	FÓRMULA	RESULTADOS %	MÉTODO UTILIZADO
Carbonato de calcio (Calcita)	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	37.99	Difracción de Rayos $\text{X}^{(1)}$
Ferri-tschermakita	$\text{Na}_{0.5}\text{Ca}_{1.8}\text{Mg}_{2.2}\text{Ti}_{0.1}\text{Fe}_2\text{Al}_{2.4}\text{Si}_{6.4}\text{O}_{22.6}(\text{OH})_{1.4}$	26.87	
Fosfato silicato de sodio y calcio (Flamite)	$\text{Na}_{3.4}\text{Ca}_{12.6}(\text{SiO}_4)_{4.6}(\text{PO}_4)_{3.4}$	17.53	
Silicato de aluminio y sodio (Albita, desordenada)	$\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$	14.31	
Óxido de silicio (Cuarzo)	$\text{SiO}_2$	3.30	

Fuente: Resultados LABICER

El Análisis determinó que la roca esquisto muestra composición media baja similar a la composición química del cemento mostrada en **Figura 31.**, obteniendo un valor de 37.99% de Cal combinada, Sílice con 3.30% de igual forma obtenida en el los silicatos con 14.31% entre otros componentes secundarios mostradas en la **Tabla 14.**



### PESO ESPECÍFICO DE LA ROCA ESQUISTO CALCINADA

Se realiza el peso específico a la roca, mediante tubo de ensayo de “Le Chatelier”, misma utilizadas para calcular el peso específico de mezclas cementante, la cual se realizó en el laboratorio de “INGEO CONTROL”.



*Figura 33. Peso específico con Matraz de Le Chatelier*

Se peso un total de 64grs de muestras, para luego colocar en el tubo de ensayo “le-chatelier” con gasolina de 95 octanajes ya que esta evita el fraguado de la mezcla y llena hasta la marca de 1.1ml.

Se procede a verter la muestra de 64gr de Roca esquisto pulverizado y calcinado en el tubo de ensayo como se muestra en **Figura 33.**, después que muestra ha sido introducido, se tapa este y se hace rodar en posición inclinada con el fin de eliminar las posibles burbujas de la roca esquisto, esta operación continua hasta eliminar completamente el aire.

Finalmente se toma nota la lectura final, obteniendo un total de 21.8 ml como se muestra en la **Figura 34.**, obteniendo un peso específico de la roca esquisto pulverizada y calcinada de  $3091 \text{ kg/m}^3$ .



Figura 34. Medición final de Peso específico

#### - RECOLECCIÓN DE CÁSCARA DE ARROZ

Se recolecto la cáscara de arroz de la piladora “Villa del Monte” en carretera a Ferreñafe km 15, en la ciudad de Chiclayo obteniendo un total de 25kg de cáscara de arroz, como se muestra en la **Figura 35**.



Figura 35. Recolección de muestras de Cáscara de arroz

Se prosiguió a calcinar un total de 5kg, en la empresa “ITAL GRES INDUSTRIAL SAC”, mediante el horno por vagón a una temperatura de 600°C hasta 700°C por 4 horas, obteniendo una muestra calcinada, necesaria para la investigación.



*Figura 36.* Muestra Preparada para Horno por vagones

Se prosigue a preparar la muestra calcinada, pulverizándola de forma manual con ayuda de un molino de mano, como se muestra en la **Figura 37**. Hasta 75  $\mu\text{m}$  (Malla #200) realizada con ASTM C-786 para finura del cemento hidráulico.



*Figura 37.* Pulverización manual de Ceniza de cáscara de arroz

## DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

Los Análisis de Composición Química por Difracción de rayos x, ya que esta permite identificar las fases cristalinas y fases de amorficidad mediante el difractograma, obteniendo su aspecto cualitativo como cuantitativo de la muestra, realizados en el Laboratorio de Química N°12 (LABICER) de la Universidad Nacional de Ingeniería, para la muestra de Ceniza de cáscara de arroz a una finura de 75  $\mu\text{m}$  (Malla No. 200) se muestra el informe en el **Anexo 16.**, como se observa la muestra en la **Figura 38.**



*Figura 38. Muestra de Ceniza de Cáscara de arroz*

Previo a los resultados del Análisis de la ceniza de cáscara de arroz, se muestra la composición química la ceniza según Valverde (2007), del modo de comparar sus valores químicos obtenidos, como se muestra en **Tabla 15**

**Tabla 15.** *Composición de ceniza de cáscara de arroz*

ELEMENTO	COMPOSICIÓN
Potasio (K <sub>2</sub> O)	1.1
Sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.78
Calcio (CaO)	0.25
Magnesio (MgO)	0.23
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	1.13
sílice (SiO <sub>2</sub> )	96.51
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos de Valverde (2007).



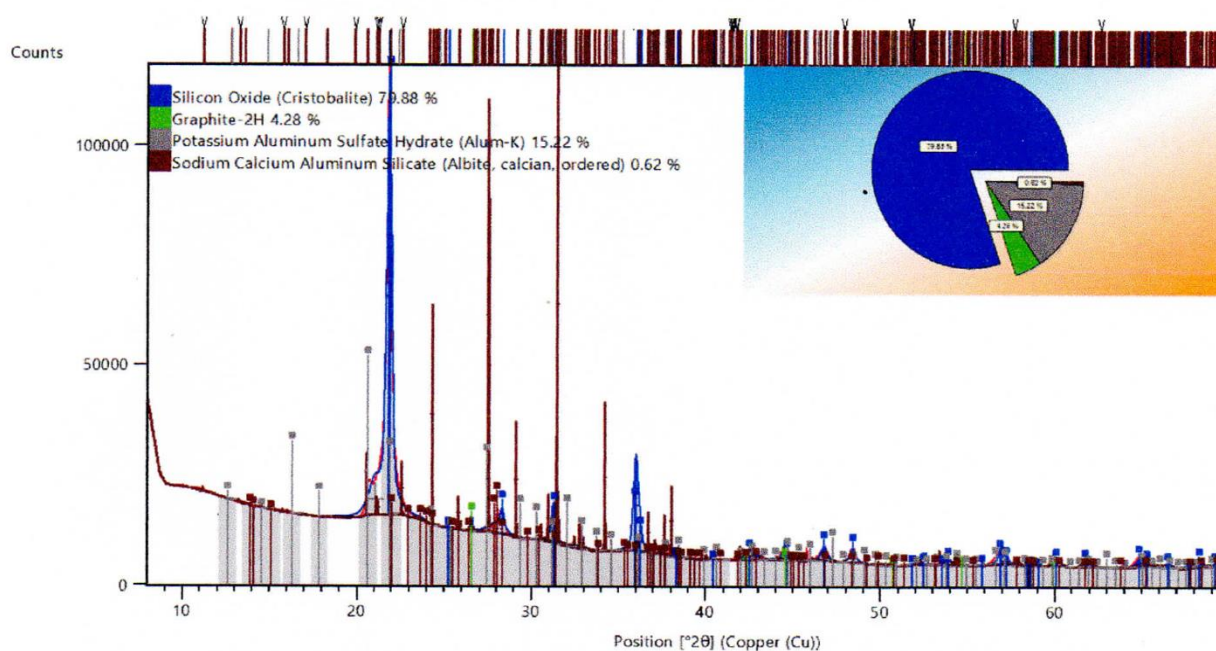


Figura 39. Difractograma de muestra ceniza de cáscara de arroz

Se presenta el difractograma en la **Figura 39**. del análisis de la Ceniza de cáscara de arroz, obteniendo pico de amplitud considerable en los rangos de  $2\theta = 20^\circ\text{--}23^\circ$  y picos medios en  $2\theta = 35^\circ\text{--}37^\circ$ , correspondientes a la sílice en su fase amorfa, encontrando Oxido de Silicio (Cristobalita) al 79.88% en su fase semicristalina predominante en los activantes, también encontrando Sulfatos de potasio y aluminio hidratado (Alum-k) a 15.22% mostrando picos bajos puntuales entre  $2\theta = 16^\circ\text{--}18^\circ\text{--}21^\circ$ , además encontrando silicatos de sodio, calcio y aluminios a 0.62% mostrando picos altos puntuales entre  $2\theta = 24^\circ\text{--}28^\circ\text{--}33^\circ$ , adicionando más sílice a la muestra, también encontrando Grafito-2H al 4.28% siendo este carbono en su fase natural, mostrado en picos bajos  $2\theta = 26^\circ\text{--}45^\circ\text{--}55^\circ$ .

Tabla 16. Composición química de Ceniza de cáscara de Arroz DRX

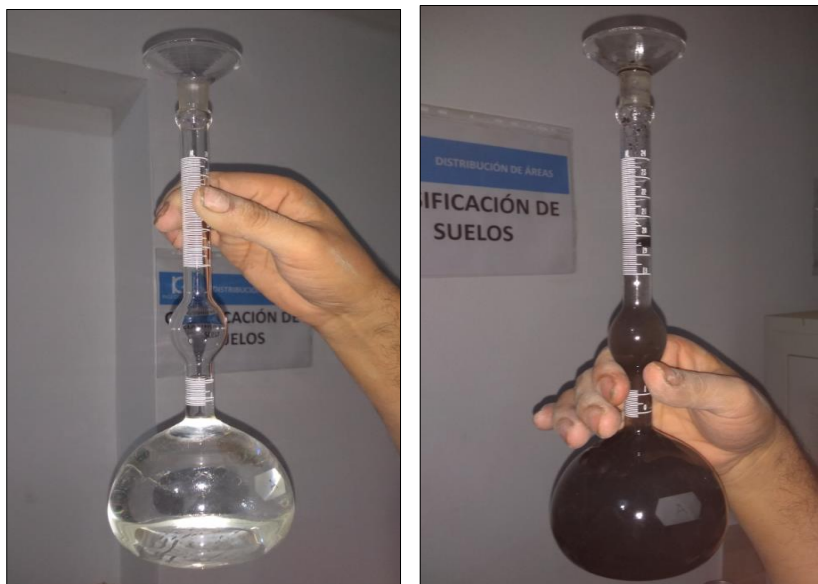
COMPUESTO	FÓRMULA	RESULTADOS %	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de silicio (Cristobalita)	$\text{SiO}_2$	79.88	Difracción de Rayos X <sup>(1)</sup>
Grafito-2H	C	4.28	
Sulfato de potasio y aluminio hidratado (Alum-K)	$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_{12}$	15.22	
Silicato de sodio, calcio y aluminio	$(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})_3\text{O}_8$	0.62	

Fuente: Resultados LABICER

El Análisis determinó que la CCA muestra una composición es parcialmente amorfa ya que presenta un gran porcentaje de minerales semicristalinos y haciendo que la lectura en el difractograma sea variada como se muestra, afectando su actividad puzolánica, debido a que solo la sílice en estado amorfo es capaz de reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio siendo este resultado de las reacciones de hidratación del cemento, mejorando su resistencia, esto señala que la ceniza pudo haber alcanzado durante el proceso de quema en su combustión a temperaturas mayores a 700°C, donde esta se empieza a transformar de ceniza amorfa a cristalina. De igual forma la presencia de sulfatos como se muestra en la **Tabla 16.**, siendo esta evaluada según RNE en E060(Concretos) para exposición de sulfatos, usando los parámetros se determinó que para el 15.22% de sulfatos en la muestra de 18gr., se obtiene un valor de 138.88ppm, estando esta entre los rangos de nivel insignificante, estando en el rango permisible en la muestra.

### **PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ**

Se realizó el peso específico de la CCA pulverizada, mediante tubo de ensayo de “Le Chatelier”, misma utilizadas para calcular el peso específico de mezclas cementante, la cual se realizó en el laboratorio de “INGEO CONTROL”.



*Figura 40. Peso específico con Matraz de Le Chatelier a CCA*

Se pesó un total de 39.38grs de muestras, para luego colocar en el tubo de ensayo “le-chatelier” con agua y llena hasta la marca de 1.1ml.

Se procede a verter la muestra de 35gr de Ceniza de cáscara de arroz pulverizada en el tubo de ensayo como se muestra en **Figura 40.**, después que muestra sido introducido, se tapa este y se hace rodar en posición inclinada con el fin de eliminar las posibles burbujas de la ceniza, esta operación continua hasta eliminar completamente el aire.

Finalmente se toma nota la lectura final, obteniendo un total de 19.5 ml obteniendo un peso específico de la Ceniza de cáscara de arroz pulverizada de  $2140 \text{ kg/m}^3$

## ENSAYOS FÍSICOS A LOS AGREGADOS

El material se almaceno y separo para realizar sus respectivos ensayos según procedimiento estandarizados de ASTM D-422/ASTM C33/ASTM C566-97.

### ENSAYOS FÍSICOS AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)

Se realizó los análisis granulométricos al agregado fino en base a la norma ASTM C33 y se determinó el tamaño de partículas en la muestra, pasadas por los tamices  $3/8''$ - el tamiz #200.

Este ensayo se realizó para determinar la distribución de diferentes tamaños de partículas que conforman el agregado fino, inicialmente se procedió a secar la muestra por 24h a  $110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$  en horno, para posteriormente ser pesada dando un total de 728.1 gr.

Se agito los tamices por aproximadamente 5min del modo que granule en cada tamiz, se destapo el tamiz  $3/8''$  y se procede a anotar los valores retenidos como se muestra en la **Figura 41.** hasta el tamiz #200, incluyendo el valor de fondo.



*Figura 41.* Análisis Granulométrico al agregado fino (Arena gruesa)

Se obtuvieron como resultados del agregado fino los valores de la **Tabla 17**. Dando como módulo de fineza un total de **3.07**, siendo esta la sumatoria de los porcentajes del peso retenido de la malla 3/8" hasta la malla #100 entre 100. De igual modo se obtuvo el valor máximo acumulado en el tamiz #16, siendo este un 23.87% retenida en la misma.

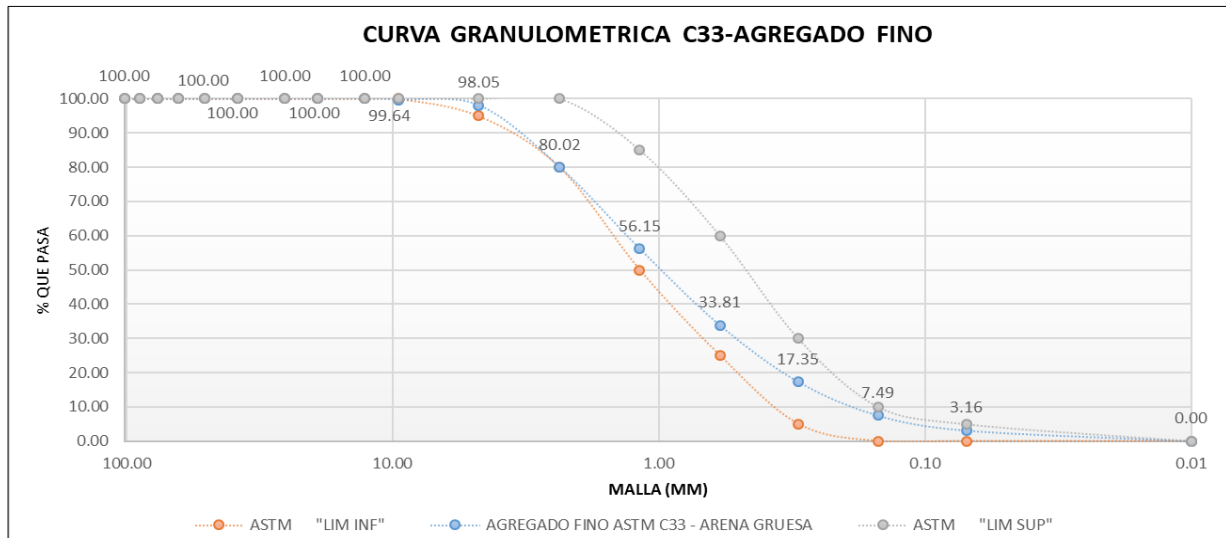
Verificado con los parámetros de Límite superior y Límite inferior del agregado fino, según ASTM C33, obtenemos que se encuentra en los rangos permisibles siendo óptimo, como se muestra en la **Figura 42**

**Tabla 17.** Análisis granulométrico del Agregado fino (Arena gruesa)

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	2.60	0.36	0.36	99.64	100.00	100.00
#4	4.75 mm	11.60	1.59	1.95	98.05	95.00	100.00
#8	2.36 mm	131.30	18.03	19.98	80.02	80.00	100.00
#16	1.18 mm	173.80	23.87	43.85	56.15	50.00	85.00
#30	0.59 mm	162.60	22.33	66.19	33.81	25.00	60.00
#50	0.30 mm	119.90	16.47	82.65	17.35	5.00	30.00
#100	0.15 mm	71.80	9.86	92.51	7.49	0.00	10.00
#200	0.07 mm	31.50	4.33	96.84	3.16	0.00	5.00
FONDO	0.01 mm	23.00	3.16	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia de ASTM C33





*Figura 42. Curva granulométrica ASTM C33 – ARENA GRUESA*

Posteriormente se realizaron ensayos de Peso Unitario al agregado fino, tanto suelto como compactado para determinar la particularidad de vacíos del agregado, ya que este nos ayudará en la dosificación del diseño de mezcla, se muestra en las **Figuras 43 y 44**.



*Figura 43. Compactado y enrazado del material*



*Figura 44. Registro de datos del ensayo suelto y compactado*

### **ENSAYOS FÍSICOS AL AGREGADO GRUESO**

Del mismo modo realizó los análisis granulométricos al agregado grueso para determinar el tamaño de partículas en la muestra, pasadas por los tamices 1" hasta el tamiz #4.

Inicialmente se procedió a dejar la muestra por 24h a  $110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$  en el horno, para posteriormente ser pesada dando un total de 6426 gr.

Se agito los tamices aproximadamente 5 min de modo que granule el tamiz, se destapó el tamiz 1" y se procede a notar los valores retenidos como se muestra en la **Figura 45**. Hasta el tamiz #200, considerando el fondo.



*Figura 45. Análisis Granulométrico al agregado grueso/ Registro de datos*

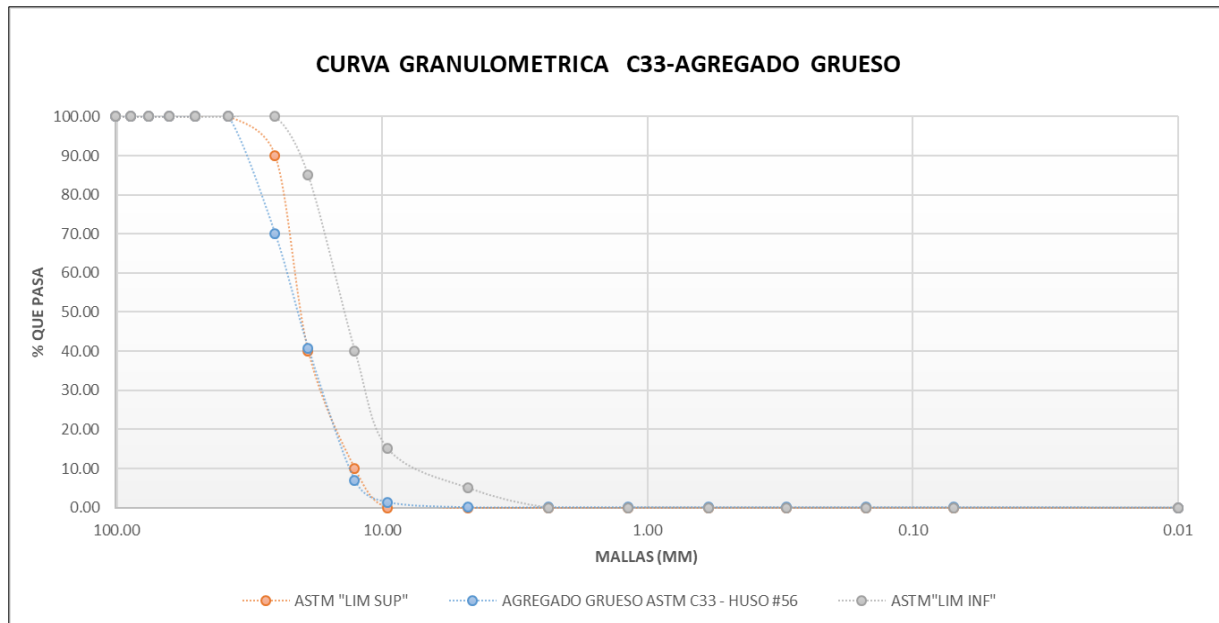
Se obtuvieron como resultados del agregado grueso los valores de la **Tabla 18**. Dando como módulo de fineza un total de **7.57**, siendo esta la sumatoria de los porcentajes del peso retenido de la malla 3/4", 3/8", #4 hasta la malla #100 entre 100. De igual modo se obtuvo el valor máximo acumulado en el tamiz 1/2" %, siendo este un 33.97% retenida en la misma.

**Tabla 18.** *Análisis granulométrico del Agregado grueso*

<b>AGREGADO GRUESO ASTM C33 - HUSO #56</b>							
<b>Malla</b>		<b>Peso Ret. (gr)</b>	<b>Peso Ret (%)</b>	<b>Peso Ret. Acum. (%)</b>	<b>% Pasa Acum</b>	<b>ASTM "LIM SUP"</b>	<b>ASTM "LIM INF"</b>
<b>4"</b>	101.60 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
<b>3 1/2"</b>	88.90 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
<b>3"</b>	76.20 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
<b>2 1/2"</b>	63.50 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
<b>2"</b>	50.80 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
<b>1 1/2"</b>	38.10 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
<b>1"</b>	25.40 mm	1926.00	29.97	29.97	70.03	90.00	100.00
<b>3/4"</b>	19.05 mm	1876.00	29.19	59.17	40.83	40.00	85.00
<b>1/2"</b>	12.70 mm	2183.00	33.97	93.14	6.86	10.00	40.00
<b>3/8"</b>	9.53 mm	354.00	5.51	98.65	1.35	0.00	15.00
<b>#4</b>	4.75 mm	83.00	1.29	99.94	0.06	0.00	5.00
<b>#8</b>	2.36 mm		0.00	99.94	0.06	0.00	0.00
<b>#16</b>	1.18 mm		0.00	99.94	0.06	0.00	0.00
<b>#30</b>	0.59 mm		0.00	99.94	0.06	0.00	0.00
<b>#50</b>	0.30 mm		0.00	99.94	0.06	0.00	0.00
<b>#100</b>	0.15 mm		0.00	99.94	0.06	0.00	0.00
<b>#200</b>	0.07 mm		0.00	99.94	0.06	0.00	0.00
<b>FONDO</b>	0.01 mm	4.00	0.06	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia de ASTM C33

Verificado con los parámetros de Límite superior y Límite inferior del agregado fino, según ASTM C33, obtenemos que se encuentra en los rangos permisibles, como se muestra en la **Figura 46**.



*Figura 46.* Curva Granulométrica ASTM C33 – AGREGADO GRUESO

Posteriormente se realizaron ensayos de Peso Unitario al agregado grueso como se observa en **Figura 47.**, tanto suelto como compactado para determinar la particularidad de vacíos del agregado, ya que este nos ayudará en la dosificación del diseño de mezcla.



*Figura 47.* Compactado y registro de datos del material

## - DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$

Realizamos el diseño de mezcla del concreto (Patrón) de  $f'_c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ , para posteriormente diseñar con las combinaciones de roca esquisto y ceniza de cáscara de arroz, mediante el método del **ACI comité 211**.

### SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA REQUERIDA ( $F'_{cr}$ )

Cuando se desconoce los valores previos o desviación estándar, se utilizará la **Tabla 19**

**Tabla 19.** Valores resistencia requerida

$F'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$F'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$F'_c + 70$
210 a 350	$F'_c + 84$
> 350	$F'_c + 98$

Fuente: Elaboración propia de ACI comité 211

**Obteniendo un valor de  $F'_{cr}$  (kg/cm<sup>2</sup>) = 29**

### SELECCIÓN DEL TMN E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Para el diseño de mezcla se utilizó los siguientes datos obtenidos de los ensayos físicos realizados a los agregados finos **Tabla 21**, y agregados grueso **Tabla 20**, la cual fueron necesarias por que se determinó el porcentaje de vacíos y humedad de los agregados para un diseño óptimo del concreto.

**Tabla 20.** Valores de ensayos físicos en el agregado Grueso

AGREGADO GRUESO ASTM C33	
CARACTERISTICAS FISICAS	
P. Específico de Masa Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.561
P. Específico de Masa SSS (gr/cm <sup>3</sup> )	2.575
P. Específico de Masa Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	2.597
P. Unitario Compactado (kg/cm <sup>3</sup> )	1585.000
P. Unitario Suelto (kg/cm <sup>3</sup> )	1483.000
Humedad de absorción (%)	0.540
Tamaño Máximo	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal	1"
Módulo de Fineza	7.570
% < Malla N°200 (0.75µm)	0.620
Humedad de agregado grueso (%)	0.200

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 21.** Valores de ensayos físicos en el agregado fino

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA	
CARACTERISTICAS FISICAS	
P. Específico de Masa Seco (gr/cm3)	2.595
P. Específico de Masa SSS (gr/cm3)	2.63
P. Específico de Masa Aparente (gr/cm3)	2.67
P. Unitario Compactado (kg/cm3)	1688.00
P. Unitario Suelto (kg/cm3)	1520.00
Humedad de absorción (%)	1.13
Tamaño Máximo	-
Tamaño Máximo Nominal	-
Módulo de Fineza	3.07
% < Malla N°200 (0.75µm)	4.80
Humedad de agregado fino (%)	1.90

Fuente: Elaboración propia

El asentamiento deseado para el diseño es de 3" a 4", de manera estándar se requiere plástica, la cual es diseñando en base a **Tabla 22**.

**Tabla 22.** Volumen Unitario de agua

Asentamiento	Agua en L/M3, para tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia requerida							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente ACI comité 211

Obteniendo un valor de 193 lt, se realizó corrección del agua ya que en el ensayo inicial se obtuvo un slump de 1", adicionando 5 litros de agua por cada pulgada deseada.

Se realizó corrección para obtener un asentamiento estándar de 3"- 4" (plástica), con un total de 220 lt de agua, logrando un asentamiento óptimo de 4".

Usamos el valor del Tamaño máximo nominal del agregado grueso 1", obteniendo 1.5% aire atrapado obtenida de la **Tabla 23**.

**Tabla 23.** Contenido de aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
<b>1"</b>	<b>1.5%</b>
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
4"	0.2%

Fuente: ACI comité 211

Para la relación agua/cemento, será diseñada por  $f'_{cr}$  requerida = 294 kg/cm<sup>2</sup>, la cual usamos la

Obteniendo como resultado relación A/C de 0.56

$$A/C = 0.56 \quad > \quad C = 220 \text{ kg}/0.56 \quad > \quad C = 392.857 \text{ kg/m}^3 \quad > \quad C = 9.24 \text{ Bls}$$

Se extiende los parámetros para el módulo de fineza, ya que se encuentra entre 2 valores. Para su cálculo se procede a interpolar entre los valores de módulo de fineza de 3.00 y 3.20, como se muestra en la **Tabla 25**

**Tabla 25.** Relación agua /cemento

F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: ACI comité 211

**Tabla 26.** Resumen de valores absolutos de componentes del concreto

	VOLUMEN ABSOLUTO	
CEMENTO SOL TIPO I	0.1263	m <sup>3</sup>
AGUA	0.2200	m <sup>3</sup>
AIRE	0.0150	m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO	0.3980	m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO(A.G.)	0.2407	m <sup>3</sup>

Fuente: ACI comité 211

Se obtuvo el valor absoluto de la mezcla cementante al igual que los agregados, para la dosificación.

Obteniendo un valor de:

Volumen de pasta cementante = 0.3613 m<sup>3</sup>

Volumen de agregados = 0.6387 m<sup>3</sup>

#### - CÁLCULO DEL AGREGADO FINO

Con los valores obtenidos de los valores absolutos y valores específicos, hallamos el peso del agregado fino (arena gruesa) en kg, con **Fórmula 12**.

$$\text{PESO AGREGADO FINO( ARENA GRUESA)} = \text{VALOR ABS. FINO(M}^3\text{)} * P. \text{ESPECIFICO} \left( \frac{\text{KG}}{\text{M}^3} \right)$$

*Fórmula 12.* Val. Absoluto Aire

$$\text{PESO AGREGADO FINO( ARENA GRUESA)} = 0.2407 \text{ m}^3 * 2595 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{PESO AGREGADO FINO( ARENA GRUESA)} = 624.688 \text{ kg}$$

#### - DISEÑO EN ESTADO SECO

Para 1m<sup>3</sup> de mezcla de concreto f'c=210kg/cm<sup>2</sup> se utilizó la siguiente dosificación, considerando las características de los agregados como se muestra en **Tabla 27**.

**Tabla 27.** Resumen de valores porcentual por m<sup>3</sup> de diseño.

	KG	BLS	%	
CEMENTO SOL TIPO I	392.86	9.24	17.41%	
AGREGADO GRUESO	1019.16	-	45.16%	62%
AGREGADO FINO ( ARENA G.)	624.69	-	27.68%	38%
AGUA	220.00	-	9.75%	

Fuente: ACI comité 211



Siendo el porcentaje de agregado grueso mayor (62%), esta es considerada muy pedregosa afectando al diseño por el tamaño de agregados, por lo cual se rediseña la proporción de agregados, la cual se calculó con las siguientes **Formulas 13. – 14.**

$$\text{AGREGADO GRUESO (KG)} = V. \text{ABS TOTAL DE AGREGADO} * \% \text{AGREGADO G.} * \text{PESO ESPECIFICO A. G.}$$

*Fórmula 13. Reajuste de % de Agregado grueso*

$$\text{AGREGADO FINO (KG)} = V. \text{ABS. TOTAL DE AGREGADO} * \% \text{AGREGADO F.} * \text{PESO ESPECIFICO A. F.}$$

*Fórmula 14. Reajuste de % de Agregado fino*

La cual obtenemos los siguientes resultados, se muestran en la **Tabla 28.**

**Tabla 28.** Resumen de valores por m3 de diseño.

	KG	BLS	% DOSIS
<b>CEMENTO SOL TIPO I</b>	<b>392.86</b>	<b>9.24</b>	<b>17%</b>
<b>AGREGADO GRUESO</b>	<b>819.46</b>		<b>36%</b>
<b>AGREGADO FINO ( ARENA G.)</b>	<b>844.43</b>		<b>37%</b>
<b>AGUA</b>	<b>216.28</b>		<b>10%</b>

## CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR EL APOORTE DE HUMEDAD EN AGREGADOS

La corrección de los agregados se realiza en base al porcentaje de humedad de las muestras, ya que estas aportan agua natural al diseño, la cual se calculó de la siguiente manera

*Fórmula 15. Corrección por humedad de Agregados Finos*

$$\text{AGREGADO FINO (CORREC.)} = P. \text{DE AGREGADO FINO} * (\% \text{HUMEDAD A. F} + 1)$$

Fuente: Elaboración propia

$$\text{AGREGADO GRUESO (CORREC.)} = P. \text{DE AGREGADO GRUESO} * (\% \text{HUMEDAD A. G} + 1)$$

*Fórmula 16. Corrección por humedad de Agregados G.*

Posteriormente se realizó el ajuste de agua en base al porcentaje de humedad y absorción de los agregados analizados, para un óptimo diseño de mezcla. Se realizó el ajuste con las **Formula 17. – 18.**

$$\text{AGREGADO GRUESO (LT)} = \frac{(\% \text{Humedad} - \% \text{Abs}) * \text{Agregado Grueso}}{100}$$

*Fórmula 17. Corrección de Agua por %Abs. Y % Humedad en Agregado grueso*

$$\text{AGREGADO FINO (LT)} = \frac{(\% \text{ Humedad} - \% \text{ Abs}) * \text{Agregado FINO}}{100}$$

*Fórmula 18.* Corrección de Agua por % Abs. Y % Humedad en Agregado fino

La cual se obtuvo en Agregado Grueso 6.50 Lt. y el Agregado Fino -2.79 Lt., obteniendo un total de 3.72 Lt. de agua, la cual corregimos de la siguiente forma en **Fórmula 19.**

$$\text{AGUA EFECTIVA (CORREC.)} = \text{AGUA DISEÑO} - \text{CORRECCIÓN POR AGREGADOS}$$

*Fórmula 19.* Corrección de agua efectiva para diseño por m3

Se obtiene el agua requerida para el diseño por m3 de mezcla siendo 216 Lt.

### - PRESENTACIÓN DEL DISEÑO CORREJIDO POR M3

Se obtuvo la proporción de materiales para un diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  por m3. Al igual que el proporcionamiento del diseño como se muestra en la **Tabla 29.**

Para un m3 de concreto:

- CEMENTO SOL TIPO I: 9.24 bls
- AGREGADO GRUESO: 819.46 kg
- AGREGADO FINO (ARENA GRUESA): 844.43 kg
- AGUA: 216.28 Lt

**Tabla 29.** *Proporcionamiento de diseño para  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$*

PROPORCIONAMIENTOS DE DISEÑO			
CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGUA
1	2.1	2.09	23 L / Bolsa

Fuente: Elaboración propia

## CONSISTENCIA DEL CONCRETO – SLUMP

Tras realización y ejecución de los diseños de concreto, se efectúa a verificar la fluidez de la misma mediante los parámetros del **Ensayo de Asentamiento (Slump)** según normal ASTM C143, las cuales se realizaron en laboratorio certificado “GEOCONTROL”. La cuales se realizaron para la Muestra Patrón  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Combinaciones de Roca esquisto calcinada y Ceniza de cáscara de arroz al 3%-5% y 5%-7%, respectivamente.

Para que los equipos no absorban humedad y el valor sea preciso, se humedecen los equipos previamente a ejecutar el ensayo, tales como el cono, la base metálica y la varilla compactadora.

Al iniciar el ensayo se fija el cono sobre la base metálica pisando las aletas del cono, para evitar pérdida de agua en la mezcla.

Se aproxima a llenar el cono con concreto en tres capas del mismo volumen, esta se compacta cada capa a 25 golpes (chuseado) con varilla compactadora, la cual en la primera capa no debe tocar fuertemente la base metálica, luego se compacta las capas 2 y 3 de tal forma que la varilla compactadora penetre 1” aproximadamente a la capa inferior.



*Figura 48. Elaboración de Mezcla patrón y Combinaciones*

Finalmente se enraza la parte superior del cono con ayuda de una plancha de modo nivelar la parte superior, luego se procede a limpiar borde exterior del cono y base metálica como se muestra en **Figura 49.**, se levanta verticalmente el cono en un tiempo de  $5 \pm 2$  segundos, para finalizar se mide el asentamiento con huincha métrica o regla.



*Figura 49.* Ensayos de asentamiento de Mezclas

## ELABORACIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS Y VIGAS

Para la elaboración de las muestras, se usaron muestras cilíndricas de 4” (10.0cm) x8” (20.0cm) las cuales se llenan el molde en tres capas de mismo volumen las que son compactadas por 25 golpes por cada capa, luego se dar de 10 – 15 golpes al exterior del molde con ayuda del martillo de goma, con la finalidad de cerrar los vacíos existentes por el compactado (chuseado) tal en la **Figura 50**, teniendo en cuenta que los golpes de compactado deben penetrar 1” aproximado con respecto a cada capa inferior, finalmente enraza y pulir la zona superior de la probeta como muestra la **Figura 49.**, mostrando el acabado que se da al finalizar la elaboración de las probetas cilíndricas .





*Figura 50.* Elaboración de probetas cilíndricas

Para las muestras de viga, se usaron bloques rectangulares de 15cm x 15cm x 50, las cuales se llenan el molde en 2 capas siguiendo mismo compactado de las probetas cilíndricas, siendo 1 golpe de compactado por cada pulgada cubica, finalmente enrazar y pulir la zona superior de la viga, como se muestra en la **Figura 51**.



*Figura 51.* Elaboración de Vigas de ensayos Patrón y Combinaciones

Tener en cuenta que las probetas cilíndricas y vigas, debe colocarse en zona libre de vibraciones, protegida de lluvias y evaporación excesiva u cambios climáticos extremos, como se muestra en la **Figura 52**.

Este proceso se utilizó para la mezcla patrón al igual que las combinaciones de Rocas esquistosa y Ceniza de cáscara de arroz.



*Figura 52. Vigas enrazadas y pulidas - almacenadas*



*Figura 53. Probetas cilíndricas enrazadas y pulidas - almacenadas*



## ENSAYO PARA EVALUAR EL SANGRADO DEL CONCRETO

La evaluación del sangrado o exudación del concreto se realizó en el molde “Olla de Washington” estando esta entre los parámetros de establecidos en el **ASTM C-232** y **C-22**. Previamente al ensayo se humedecen las herramientas a usar ya que esta podría alterar el resultado inicial del sangrado.

Se procedió al llenado del concreto en el molde mediante tres capas, en volúmenes aproximadamente iguales, la cual fue compactada con la varilla por 25 golpes (chuseado), siendo esta 1” de penetración en base a la capa inferior como se muestra en **Figura 54**, de igual modo por cada capa se golpea con ayuda del martillo de goma con el fin de los agujeros se cierren, la última capa debe quedar 1” bajo la superficie del molde y enraazar.



*Figura 54. Llenado y compactado de las mezclas / Vibrado*

Inmediatamente se contrala el tiempo del ensayo, teniendo lecturas de 10 min por 4 tiempos; y luego cada media hora hasta que cesar la exudación.

Previo a las lecturas del sangrando se colocó un cubo de madera de 5cmx5cmx5cm, la cual va posicionado bajo, logrando una inclinación; esta es colocada 2 minutos antes de cada lectura como se muestra en la **Figura 55**.

Se recolectó el agua exudada con una pipeta, medida en la probeta granulada, durante todo el ensayo, el molde con el concreto estará cubierta con una franela humedada para evitar la evaporación en cada muestra.



Figura 55. Recolección de datos colocando taco de madera

## ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN PROBETAS CILÍNDRICAS

La evaluación de este ensayo constó en aplicar una carga axial de compresión a la probeta cilíndrica a razón de un rango prescrito previo a que ocurra la falla, el esfuerzo a compresión de los especímenes son calculados dividiendo la carga máxima obtenidas en el ensayo como se muestra en la **Formula 2**.

Las probetas fueron mantenidas sumergidas en agua, condición dada para hasta llegar el día del ensayo a compresión, estas son curadas en fechas de 7, 14 y 28 días, siendo esta el parámetro que indica **ASTM C39**, cumpliendo parámetros de tolerancia permisible. Las probetas son medidas previo al ensayo, anotando el diámetro, altura y código de cada espécimen a ensayar, como se muestra en la **Figura 56**.





Figura 56. Medición previa del diámetro y altura de la probeta

Posteriormente las probetas son colocadas en la “prensa hidráulica”, se posiciona la placa inferior de manera vertical (hacia arriba), directamente debajo del bloque de carga con base esférica, previo a eso se limpia las probetas superior e inferior asegurándose de que este liso y fijo. Se aplicó la carga hasta que la probeta falle, anotando la carga máxima soportada y el tipo de falla que esta presentó en el ensayo como muestra **Figura 57**.



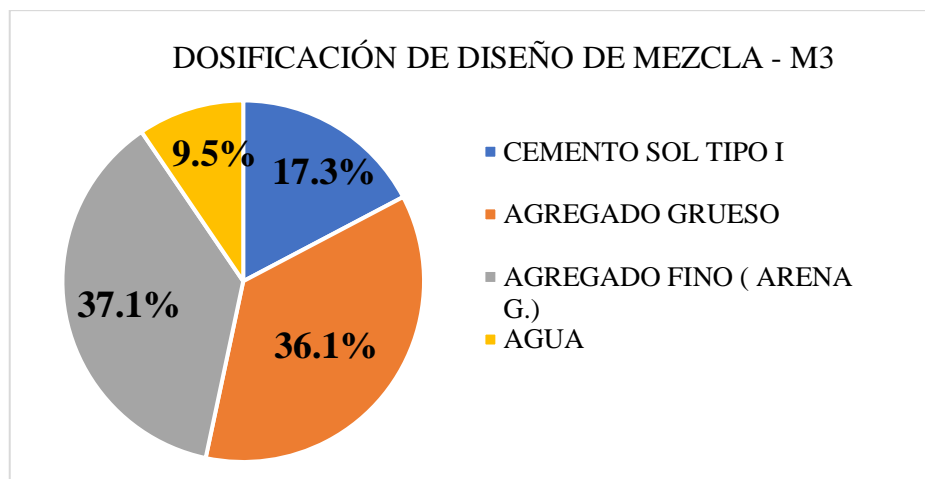
Figura 57. Resistencia a compresión de mezclas Patrón y Combinaciones

### 3.2. Resultados

- **Propiedades Físicas del Concreto**

Previo al análisis de las propiedades físicas del concreto, se efectuó el diseño mezcla para un diseño patrón de  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , basada está en norma **ACI comité 211**, obteniendo la dosificación de mezcla por m3 como se observa en la **Tabla 30**.

**Tabla 30.** Dosificación Porcentual de diseño de mezcla por m3

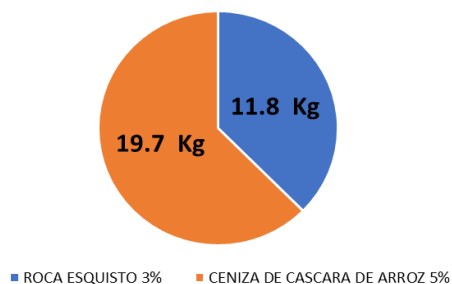


Fuente: Elaboración propia

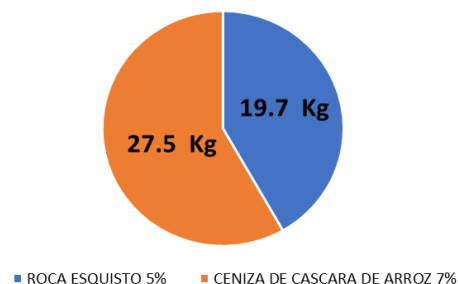
La cual nos permitió a efectuar las combinaciones de mezcla deseadas por m3 de mezcla como se muestra en la **Tabla 31**. con Roca esquisto calcinada y ceniza de cáscara de arroz, a la cual estaba orientada el proyecto de investigación.

**Tabla 31.** Sustitución de cemento por combinaciones por m3

**SUSTITUCIÓN POR COMBINACION (3% Y 5%) - M3**



**SUSTITUCIÓN POR COMBINACION (5% Y 7%) - M3**



## Prueba de Asentamiento de Concreto o Slump

Para los ensayos del asentamiento (Slump), se usaron los parámetros estandarizados según **ASTM C-143**, aplicada en cada una de las combinaciones de mezclas realizadas, las cuales se obtuvieron como resultados en la **Tabla 32**.

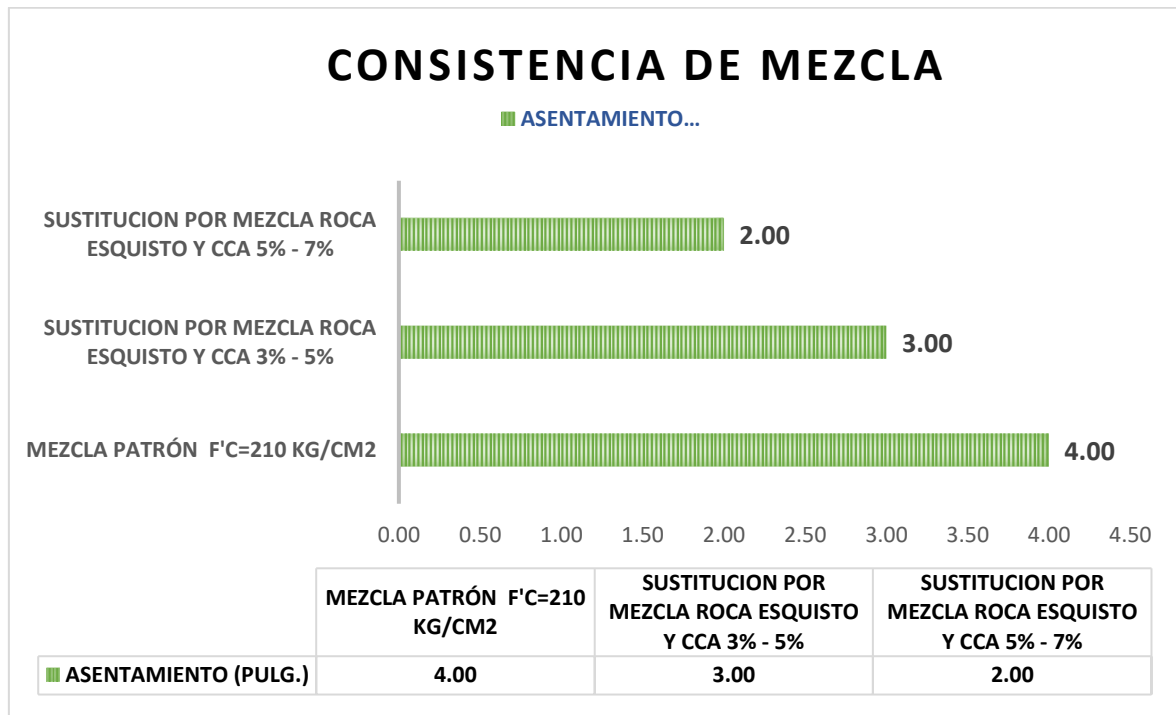
**Tabla 32.** Ensayo de asentamiento del concreto (Slump)

DOSIFICACIÓN	CONSISTENCIA - SLUMP		PROMEDIO		TIPO
	cm.	pulg.	cm.	pulg.	
0	10.41	4.10	10.16	4.00	PLASTICO
	9.91	3.90			
3% y 5%	7.87	3.10	7.62	3.00	SECO
	7.37	2.90			
5% y 7%	5.59	2.20	5.21	2.05	SECO
	4.83	1.90			

Fuente: Elaboración propia de ASTM C143

Los valores alcanzados en los ensayos fueron expresados en pulgadas y estas fueron clasificadas por su consistencia, mediante el grado de asentamiento como se muestra en el **Tabla 32.**, la cual se efectuaron la muestra patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y las combinaciones de 3% -5% y 5%-7% de Roca Esquisto Calcinado y Ceniza de cáscara de arroz respectivamente.

**Gráfico 1.** Consistencia de mezclas ensayadas



Fuente: Elaboración propia

Obteniendo como resultado promedio principal para la Mezcla patrón de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  una consistencia de 4" (plástica) de asentamiento, la combinación de Roca esquisto calcinada y Ceniza de cáscara de arroz de 3%-5% con una consistencia de 3" (Seca) de asentamiento mientras que la combinación de Roca esquisto calcinada y Ceniza de cáscara de arroz de 5%-7% una consistencia de 2" (Seca) de asentamiento, necesitando ayuda para fluir. Se expresa que al sustituir el cemento por las mezclas cementantes, está va perdiendo fluidez ya que la mezcla patrón inicia en 4" y por cada combinación esta pierde 1" de asentamiento en el ensayo de consistencia, como se aprecia en el *Gráfico 1*.

### Prueba del Sangrado del Concreto

Para el ensayo de Sangrado del concreto o exudación, se usaron parámetros estandarizados según **ASTM C232**, aplicadas en cada combinación de mezcla realizada, obteniendo los resultados que muestra **Tabla 33**.

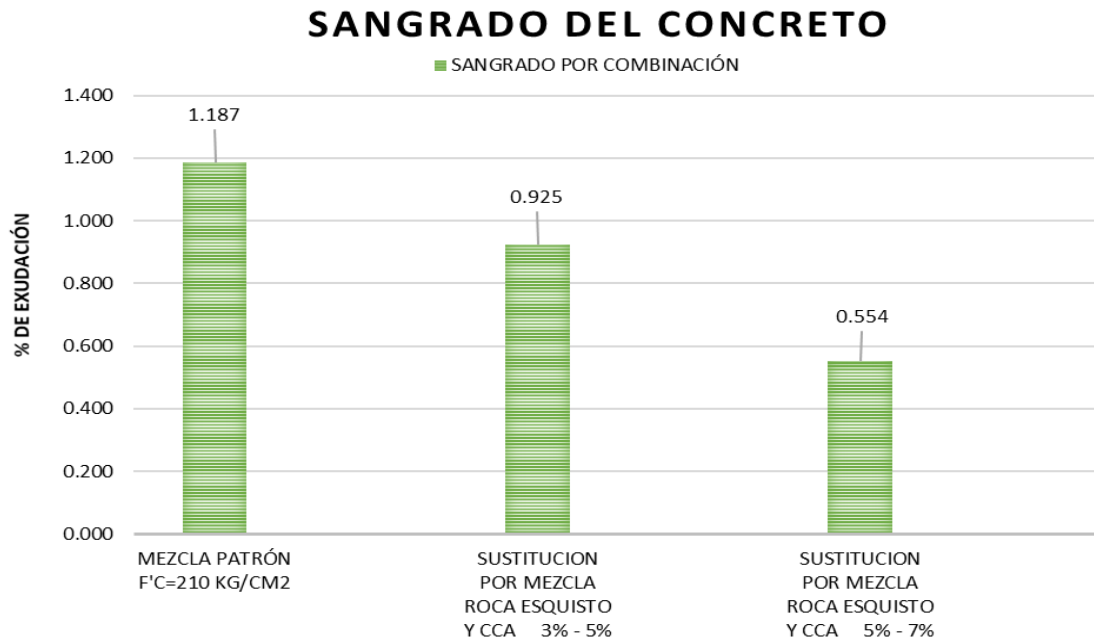
**Tabla 33.** *Ensayo del sangrado del concreto*

DOSIFICACIÓN	PESO DE LA MUESTRA (Kg)	VOLUMEN DE AGUA ACUMULADA (ml)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR CANTIDAD	(%) EXUDACIÓN
0	15.056	17.00	1.433	1.187
3% y 5%	14.955	11.50	1.244	0.000
5% y 7%	14.746	6.80	1.228	0.554

Fuente: Elaboración propia de ASTM 232

Los ensayos de exudación fueron expresados en porcentajes y estas fueron clasificadas por el volumen de agua acumulada y el grado de exudación en el **Tabla 33**, la cual se efectuaron la muestra patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y las combinaciones de 3% -5% y 5%-7% de Roca Esquisto Calcinado y Ceniza de cáscara de arroz respectivamente.

Gráfico 2. Curva de Sangrado por tiempo parcial



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos partiendo de la mezcla patrón de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  fue de 1.187 % de sangrado de la mezcla, la combinación de Roca esquisto calcinada y Ceniza de cáscara de arroz de 3%-5% obtuvo un porcentaje de exudación de 0.925%, mientras que la combinación de Roca esquisto calcinada y Ceniza de cáscara de arroz de 5%-7% obtuvo un porcentaje de exudación de 0.554%.

Logrando un valor decreciente respecto porcentaje de exudación de la mezcla patrón, reduciendo un 0.262% en la primera combinación (3%-5%) y reduciendo un 0.633% en la segunda combinación (5%-7%) respecto a la muestra patrón.

- **Propiedades Mecánicas del Concreto**

### **Prueba de Resistencia a Compresión**

El presente ensayo de resistencia a compresión a probetas cilíndricas, se realizó con parámetros según **ASTM C39**, aplicadas para combinación de mezcla realizadas a los tiempos de curados de 7, 14 y 28 días como se muestran en la **Tabla 34**.

**Tabla 34.** Resistencia a compresión de Muestra patrón

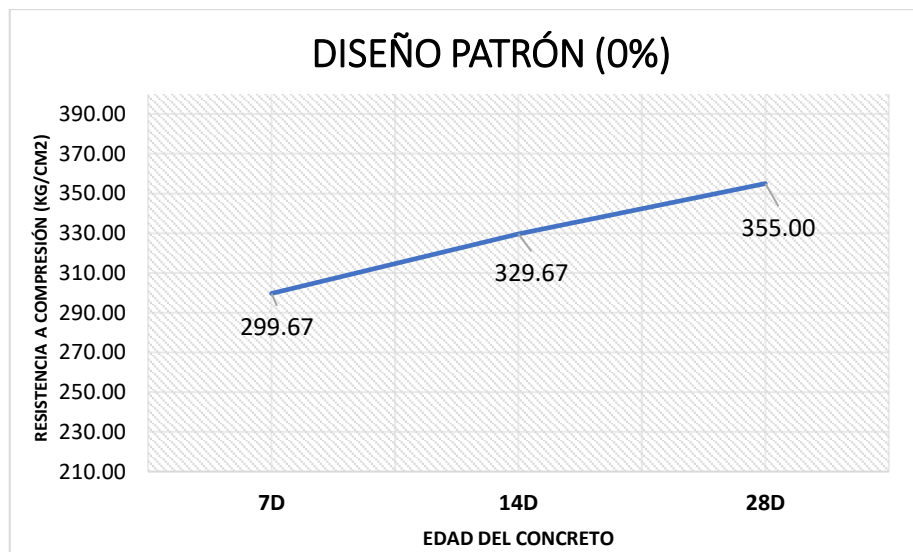
EDAD	PROBETA (CM)	F'c OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	F'c PROMEDIO	% F'c
	ALTURA / DIÁMETRO				
7 D	1.99	308.00	TIPO 3	299.67 kg/cm <sup>2</sup>	<b>142.7%</b>
7 D	1.97	300.00	TIPO 2		
7 D	1.98	291.00	TIPO 3		
14 D	1.98	331.00	TIPO 2	329.67 kg/cm <sup>2</sup>	<b>157.0%</b>
14 D	1.97	332.00	TIPO 6		
14 D	1.97	326.00	TIPO 3		
28 D	1.97	349.00	TIPO 2	355.00 kg/cm <sup>2</sup>	<b>169.0%</b>
28 D	1.98	353.00	TIPO 3		
28 D	1.98	363.00	TIPO 3		

Fuente: Elaboración propia de ASTM C39

Los valores promedios se obtuvieron de 3 probetas ensayadas por cada fecha de rotura, siendo estos del diseño patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , lo cual se obtuvo como resultado a los 7,14 y 28 días los valores promedios de  $299.67\text{ kg/cm}^2$ ,  $329.67\text{ kg/cm}^2$  y  $355.00\text{ kg/cm}^2$  respectivamente como se muestra en **Tabla 34**. El valor máximo a los 28 días es superior en un 69% al diseño patrón de  $210\text{kg/cm}^2$ , sustituyendo el valor inicial y siendo está considerada el valor patrón del diseño.

Las cuales son comparadas a los posteriores diseños con las combinaciones de Roca esquistoso calcinada y Ceniza de cáscara de arroz.

**Gráfico 3.** Curva de resistencia de Muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

La variación obtenida en la mezcla patrón respecto a su resistencia de 7,14 y 28 días fue de un aumento de 10.01% de 7 a 14 días, mientras que de 14 a 28 días fue de 7.68%, obteniendo como valor máximo a los 28 días, una resistencia de 355.00kg/cm<sup>2</sup>, como se muestra en el **Grafico 3**.

**Tabla 35.** Resistencia a compresión de Primera combinación

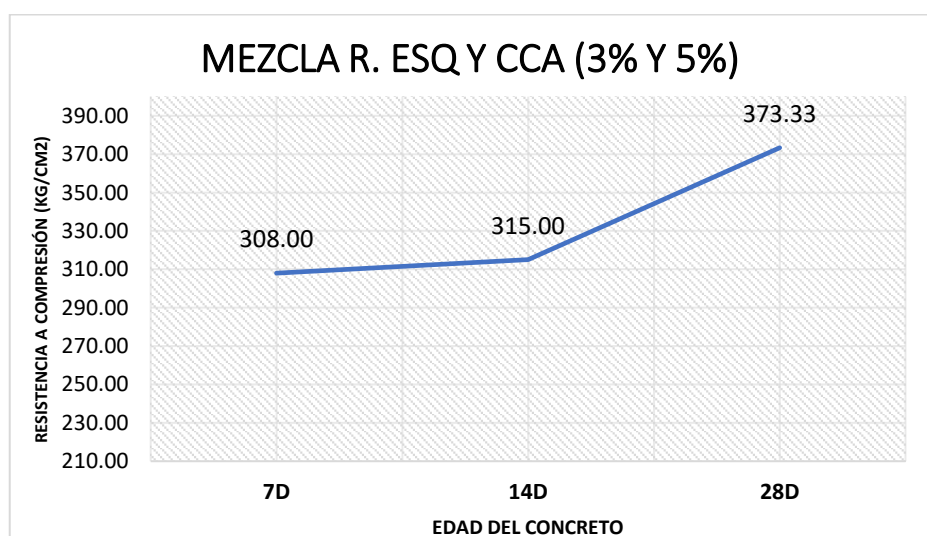
EDAD	PROBETA (CM)	F'c OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	F'c PROMEDIO	% F'c
	ALTURA / DIÁMETRO				
7 D	2.02	310.00	TIPO 2	308.00 kg/cm <sup>2</sup>	146.7%
7 D	2.01	314.00	TIPO 5		
7 D	1.98	300.00	TIPO 2		
14 D	1.98	313.00	TIPO 3	315.00 kg/cm <sup>2</sup>	150.0%
14 D	1.98	311.00	TIPO 5		
14 D	2.00	321.00	TIPO 6		
28 D	2.00	375.00	TIPO 5	373.33 kg/cm <sup>2</sup>	177.8%
28 D	1.98	376.00	TIPO 2		
28 D	1.98	369.00	TIPO 2		

Fuente: Elaboración propia de ASTM C39

Los promedios se obtuvieron de 3 probetas ensayadas por cada fecha de rotura del diseño por combinación de Roca esquisto calcinada y Ceniza de cáscara de arroz (3%-5%), lo cual se obtuvo como resultado a los 7,14 y 28 días los valores promedios de 308.00 kg/cm<sup>2</sup>, 315.00 kg/cm<sup>2</sup> y 373.33kg/cm<sup>2</sup> respectivamente como se muestra en **Tabla 35**.

Obteniendo como valor máximo a los 28 días un 5.16% respecto a la muestra patrón de 355.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Gráfico 4.** Curva de resistencia de primera combinación



Fuente: Elaboración propia



La variación obtenida en la primera combinación respecto a su resistencia de 7,14 y 28 días fue un aumento de 2.27% de 7 a 14 días, mientras que de 14 a 28 días fue de 18.52%, obteniendo como valor máximo a los 28 días, una resistencia de 373.33 kg/cm<sup>2</sup>, como se muestra en el **Grafico 4**.

**Tabla 36.** Resistencia a compresión de Segunda combinación

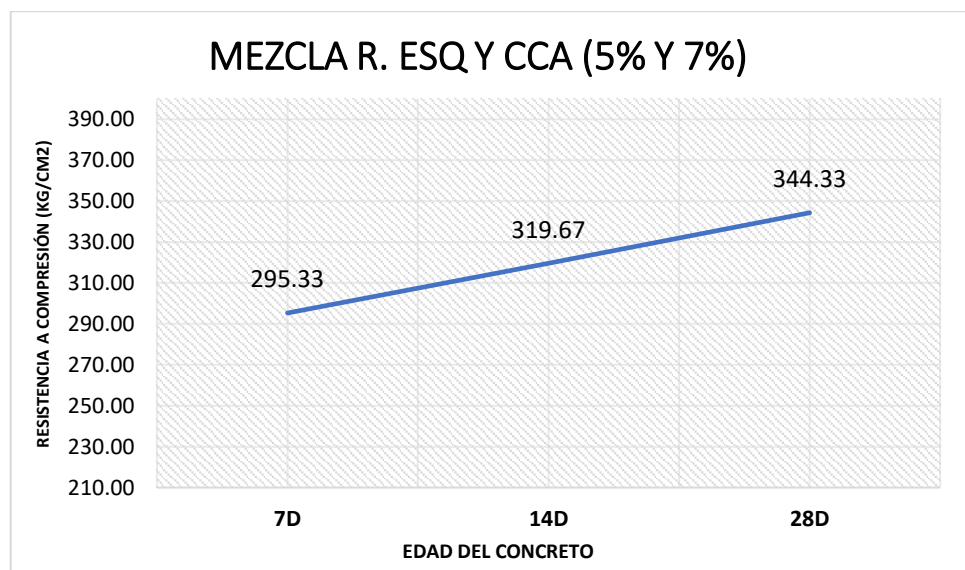
EDAD	PROBETA (CM)	F'c OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	F'c PROMEDIO	% F'c
	ALTURA / DIÁMETRO				
7 D	1.97	306.00	TIPO 2	295.33 kg/cm <sup>2</sup>	140.6%
7 D	2.02	284.00	TIPO 2		
7 D	2.02	296.00	TIPO 2		
14 D	1.96	318.00	TIPO 3	319.67 kg/cm <sup>2</sup>	152.2%
14 D	1.96	322.00	TIPO 5		
14 D	1.96	319.00	TIPO 6		
28 D	2.00	348.00	TIPO 5	344.33 kg/cm <sup>2</sup>	164.0%
28 D	1.96	344.00	TIPO 2		
28 D	2.02	341.00	TIPO 2		

Fuente: Elaboración propia de ASTM C39

Los promedios se obtuvieron de tres probetas ensayadas por cada fecha de rotura del diseño por combinación de Roca esquisto calcinada y Ceniza de cáscara de arroz (5%-7%), lo cual se obtuvo como resultado a los 7,14 y 28 días los valores promedios de 295.33 kg/cm<sup>2</sup>, 319.67 kg/cm<sup>2</sup> y 344.33 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente como se muestra en **Tabla 36**.

El valor máximo a los 28 días de 344.3 kg/cm<sup>2</sup> siendo inferior y reduciendo en un 3.10% respecto a la muestra patrón de 355.00 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días.

**Gráfico 5.** Curva de resistencia de segunda combinación



Fuente: Elaboración propia

La variación obtenida en la segunda combinación respecto a su resistencia de 7,14 y 28 días fue una aumentó de 8.24% de 7 a 14 días, mientras que de 14 a 28 días fue de 7.72%, obteniendo como valor máximo a los 28 días, una resistencia de 344.33 kg/cm<sup>2</sup>, como se muestra en el **Grafico 5**.

### Variación de Resistencia por Edad

El presente coeficiente de variación es determinado a partir de las muestras ensayadas del diseño de mezcla y combinaciones, representadas por la misma edad de curado según ASTM C39, Precisión y Tendencia para muestras cilíndricas elaboradas en laboratorio para cilindros de 4"x8" representadas en la **Figura 53**.

**Tabla 37.** Coeficiente de variación – Muestra Patrón

DESCRIPCIÓN	N° MUESTRA	EDAD DEL CONCRETO		
		7D	14D	28D
PATRÓN (0%)	M1	308.00	331.00	349.00
	M2	300.00	332.00	353.00
	M3	291.00	326.00	363.00
Coeficiente de Variación		5.67%	1.82%	3.94%

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño patrón se obtuvo los coeficientes de variación en las muestras de 7 días de curado un valor de 5.67%, de 14 días de curado un 1.82% y 28 días de curado con 3.94%, mostrada en la **Tabla 37**, estando en el rango de precisión y tendencia para probetas elaboradas en laboratorio siendo menor al **10.6%**.

**Tabla 38.** Coeficiente de variación – Mezcla Roca esquisto y Ceniza de cáscara de arroz (3% -5%)

DESCRIPCIÓN	N° MUESTRA	EDAD DEL CONCRETO		
		7D	14D	28D
MEZCLA R.ESQ Y CCA (3% y 5%)	M1	310.00	313.00	375.00
	M2	314.00	311.00	376.00
	M3	300.00	321.00	369.00
Coeficiente de Variación		4.55%	3.17%	1.88%

Fuente: Elaboración propia

Mientras que en la primera combinación (3%-5%) se obtuvo los coeficientes de variación a los 7 días de curado un valor de 4.55%, de 14 días de curado un 3.17% y 28 días de curado con 1.88%, mostrada en la **Tabla 38**. De igual forma estando en el rango de precisión y tendencia para probetas elaboradas en laboratorio siendo menor al 10.6%.

**Tabla 39.** Coeficiente de variación – Mezcla Roca esquisto y Ceniza de cáscara de arroz (5% -7%)

DESCRIPCIÓN	N° MUESTRA	EDAD DEL CONCRETO		
		7D	14D	28D
MEZCLA R.ESQ Y CCA (5% y 7%)	M1	306.00	318.00	348.00
	M2	284.00	322.00	344.00
	M3	296.00	319.00	341.00
Coeficiente de Variación		7.45%	1.25%	2.03%

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo en la segunda combinación (5%-7%) se obtuvo los coeficientes de variación a los 7 días de curado un valor de 7.45%, de 14 días de curado un 1.25% y 28 días de curado con 2.03%, mostrada en la **Tabla 39**. De igual forma estando en el rango de precisión y tendencia para probetas elaboradas en laboratorio siendo menor al 10.6%, comprobando que las muestras son homogéneas en su proceso de dosificación.

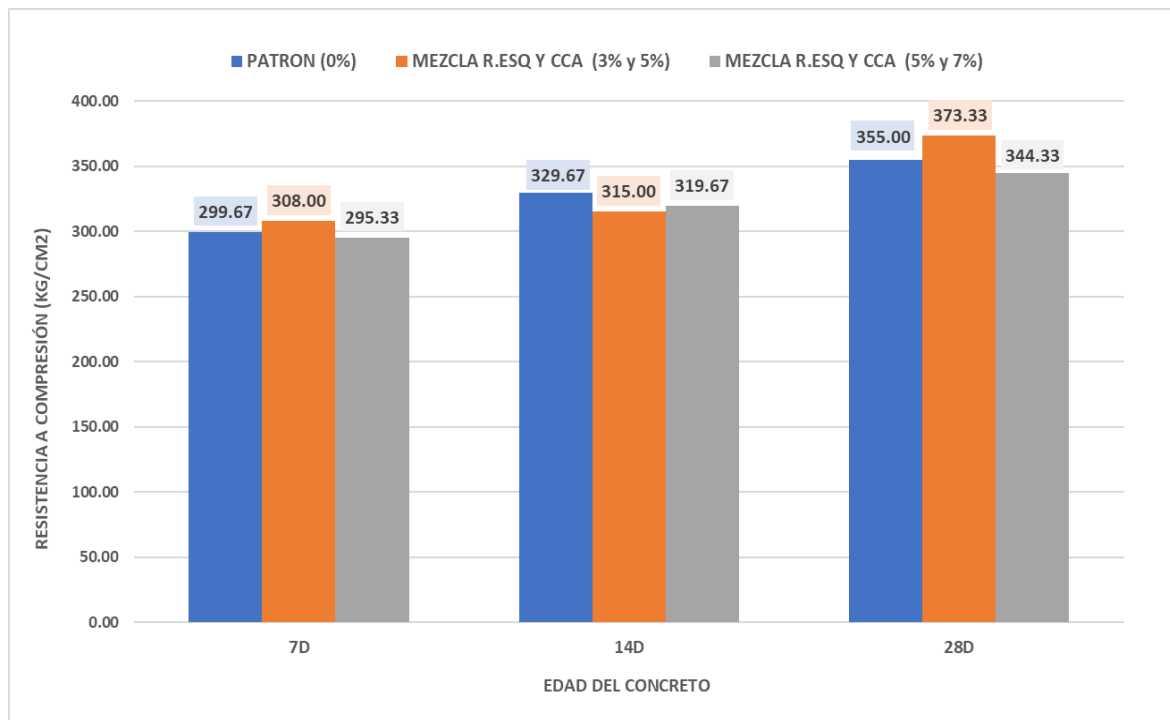
Figura 58. Precisión y Tendencia

	Coefficient of Variation <sup>4</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39

Los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión de la mezcla patrón y combinaciones de la mezcla de Roca esquisto calcinada y Ceniza de cáscara de arroz, arrojó los siguientes promedios para cada edad de curado mostrados en el **Grafico 6**.

**Gráfico 6.** Ensayos de Resistencia a Compresión



Fuente: Elaboración propia

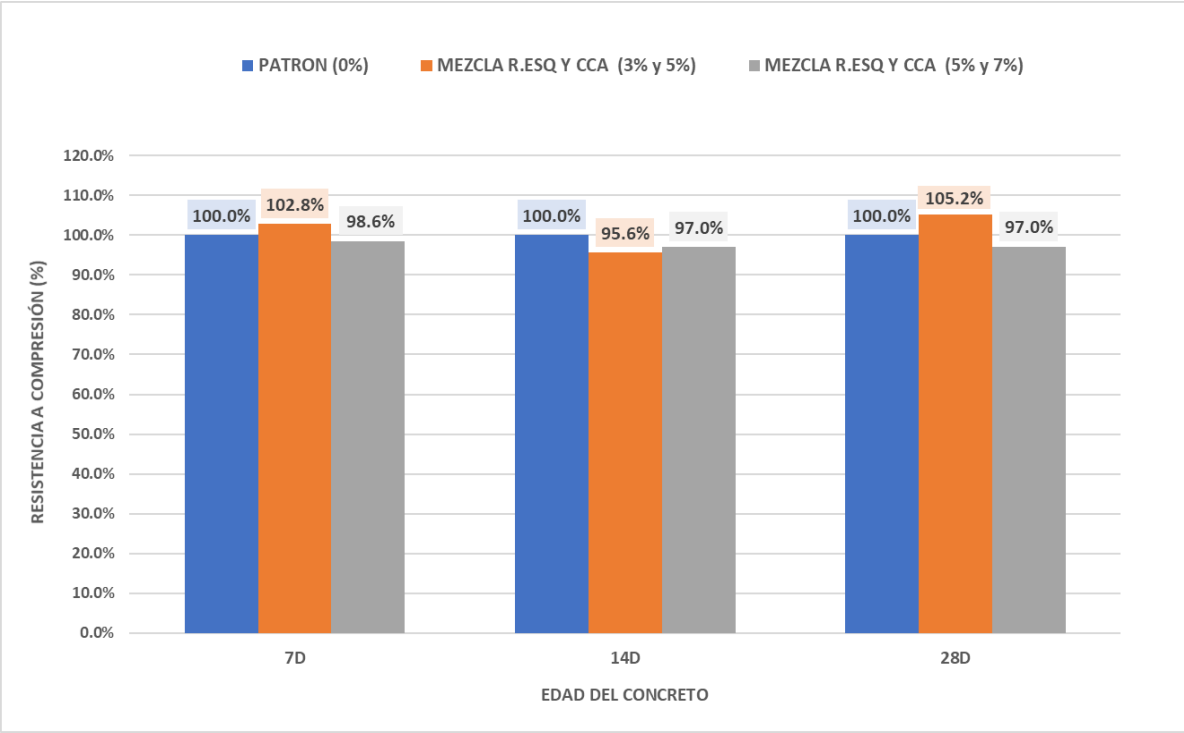
La variación de la resistencia a compresión se evaluó para cada diseño en cada edad de curado, obteniendo en la edad de 7 días un aumento en la primera combinación (3%-5%) de 2.8% y en la segunda combinación (5%-7%) una reducción de 1.4%, respecto a su muestra patrón de su edad siendo está el 100.0% con 299.67 kg/cm².

Mientras que, a la edad de 14 días, se obtuvo una disminución en las combinaciones siendo la primera (3%-5%) en un 4.4% menos y en la segunda combinación (5%-7%) una disminución menor, siendo 3.0% respecto a su muestra patrón de la misma edad siendo esta 329.67 kg/cm².

A la edad de 28 días, se obtuvo un aumento de resistencia en la primera combinación (3%-5%) de 5.2% y en la segunda combinación (5%-7%) se muestra una reducción de 3.0%, respecto a su muestra patrón de la misma edad siendo esta 355.00 kg/cm².

Valores promedios fueron obtenidos de los ensayos a resistencia a compresión para cada edad según ASTM C39, como se muestran en los **Gráficos 6 y 7**.

**Gráfico 7.** Variación Porcentual en los ensayos de Resistencia a Compresión



*Fuente: Elaboración propia*

**Prueba de Resistencia a Flexión**

El presente ensayo de Resistencia a Flexión, se realizó con parámetros según ASTM C78, aplicadas para combinación de mezcla realizadas a la edad de 28 días.

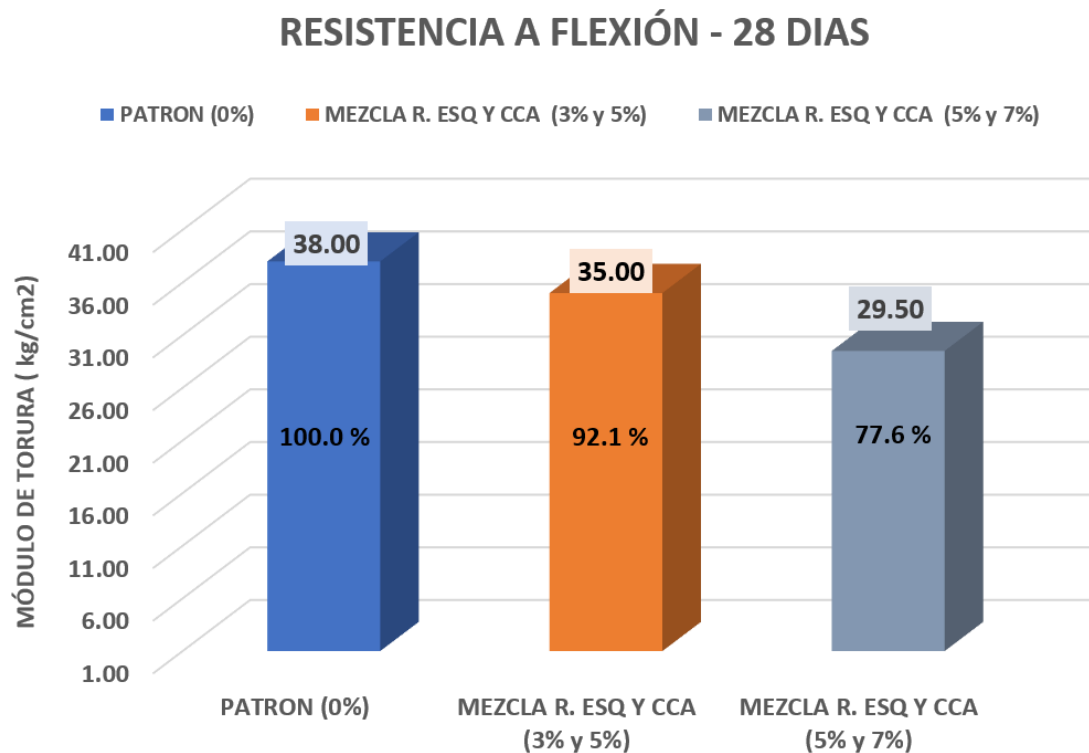
**Tabla 40.** Resistencia a flexión -28 días

MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO
37.00	38.00
39.00	
36.00	35.00
34.00	
30.00	29.50
<b>29.00</b>	

*Fuente: Elaboración propia de ASTM C78*

Los valores promedios del módulo de rotura se obtuvieron de 2 vigas ensayadas para cada diseño a 28 días de curado, obteniendo para el diseño patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , un resultado promedio de  $38.00\text{ kg/cm}^2$ , en la primera combinación (3%-5%) con un valor promedio de  $35.00\text{ kg/cm}^2$  y en la segunda combinación (5%-7%) con un promedio de  $29.50\text{ kg/cm}^2$ , mostrando una disminución, como se observa en la **Tabla 40**.

**Gráfico 8.** Ensayos de Resistencia a flexión



Fuente: Elaboración propia

La variación de la resistencia a flexión de las vigas se evaluó para cada diseño a la edad de curado de 28 días, obteniendo en el diseño patrón un valor promedio de  $38.00\text{ kg/cm}^2$  siendo esta comparada con las combinaciones, como se muestra en el **Gráfico 11.**, ya que en la primera combinación (3%-5%) se obtuvo un valor de  $35.00\text{ kg/cm}^2$ , disminuyendo un 7.9% y en la segunda combinación (5%-7%) obteniendo un valor promedio de  $29.5\text{ kg/cm}^2$  disminuyendo un 22.4%, respecto al diseño de muestra patrón, obteniendo una disminución progresiva para cada combinación.

## IV. DISCUSIÓN

**H.E.1:** La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en la consistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Los resultados obtenidos por el autor Montero, A. (2017) siendo su objetivo de investigación determinar el porcentaje óptimo de ceniza de cáscara de arroz como reemplazo de cemento alcanzando una resistencia mayor a 21 Mpa. Obteniendo como principales resultados que al sustituir 10% de CCA, esta mejora en un 16% sus resistencia a compresión, aunque está adición afecta a la consistencia(revenimiento) de la muestra con 8mm (seca) de asentamiento, mientras que en nuestro desarrollo de investigación utilizo una mezcla de Roca esquisto y Ceniza de cáscara de arroz obteniendo en la primera dosificación de 8% (ESQ.3%-CCA.5%) obteniendo una perdida en la consistencia a la mezcla de 1 pulgada respecto a su muestra patrón, por otro lado Montero sustituye un 15% de CCA obteniendo una menor resistencia inicial, aunque la trabajabilidad al incorporar agua, esta no pierde porcentaje de resistencia a compresión siendo favorable, mientras que en nuestra investigación al incorporar 12% (ESQ.5%-CCA.7%) esta muestra una pérdida de consistencia, alcanzando 2 pulgadas(seca) de asentamiento y teniendo una variación mínima entre la resistencia a compresión.

**H.E 2:** La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en la exudación del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Los resultados obtenidos del autor Giaccio, G. (2016) siendo su objetivo principal, evaluar las incidencias ante la incorporación de cenizas volantes, como sustituto de cemento o adición sobre las capacidades de exudación en el concreto, evaluadas en relaciones de a/c 0.40,0.55,0.69,0.86 con adición a Ceniza Volante (CVN – CVS) al 0%, 20% y 30%, obteniendo como principal resultado que al sustituir 30% de Ceniza volante natural (CVN) entre las relaciones medias de a/c de 0.55 – 0.69, estas muestran una exudación de hasta 5.5% siendo causa de la incorporación de un material más grueso con un asentamiento fluido, mientras que en nuestro desarrollo de investigación se utilizó una mezcla de Roca esquisto y Ceniza de cáscara de arroz obteniendo en la muestra patrón en cuanto a la exudación con una relación a/c 0.56 con un sangrado al concreto inicial de 1.185%, disminuyendo en la primera combinación de 8% (ESQ.3%-CCA.5%) con un porcentaje de exudación de 0.925%, mostrando una disminución respecto a su muestra patrón, por otro



lado Giaccio al sustituir Ceniza volante Seleccionada (CVS) al 30% entre las relaciones a/c de 0.55 – 0.69 esta muestra una ligera pérdida de exudación hasta un 2.2% experimentando por la misma sustitución y el cese del hormigón. mientras que en nuestra investigación al incorporar 12% (ESQ.5%-CCA.7%) siendo 0.554% de valor exudado, dando una disminución de 0.633% respecto a la muestra patrón, por lo que concuerda con el autor ya que la mezcla que se adiciono no fue ceniza de cáscara de arroz sola, sino una combinación con Roca esquisto calcinada a un finura 75  $\mu\text{m}$  (Malla No. 200) para cada componente, obteniendo disminución probablemente por la adición de roca esquisto.

**H.E 3:** La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en la resistencia a compresión del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$

Los resultados obtenidos del autor Elias, H. (2018) siendo su objetivo principal, determinar la influencia de la resistencia a compresión de un concreto  $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$  al sustituir cemento convencional por combinación de roca esquisto calcinada y ceniza de cáscara de arroz en 3% (2% Roca esquisto y 1% CCA) y 6% (2% Roca esquisto y 4% CCA). Obteniendo como principal resultado que al sustitución de 3% (2% Roca esquisto y 1% CCA) esta disminuye su resistencia a compresión en un 7% edad de 28 días, mientras que en nuestro desarrollo de investigación se sustituye en la primera dosificación un 8% (ESQ.3%-CCA.5%) obteniendo una mejora de hasta un 5.2% a la edad de 28 días, respecto a su muestra patrón, por otro lado Elias al sustituir 6% (2% Roca esquisto y 4% CCA) este obtiene un incremento de resistencia de un 15% respecto a su muestra patrón, siendo diferente en nuestro desarrollo de investigación que en la segunda combinación de sustitución de 12% (ESQ.5%-CCA.7%) esta muestra una disminución de un 3% en su resistencia a compresión, respecto a su muestra patrón, concluyendo que la roca esquisto calcinada y ceniza de cáscara de arroz mejora el concreto según sea su dosificación.

**H.E 4:** La sustitución del cemento con una mezcla de esquisto y ceniza de cáscara de arroz influye de manera favorable en la resistencia a flexión del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$

Los resultados obtenidos del autor Ruiz, A. (2018) siendo su objetivo principal, determinar la resistencia a la flexión de un concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  con cemento sustituido en 8% y 10% por la combinación de ceniza de lodo de papel y roca esquisto. Obteniendo como principal resultado que al sustituir en su primera combinación en 8% (6% ceniza de lodo de papel y 2% esquisto) esta muestra una mejora en un 6.44% a la edad de 28 días, mientras

que nuestro desarrollo de investigación en la primera dosificación de 8% (ESQ.3%-CCA.5%) obteniendo una disminución de 7.9% a la edad de 28 días, respecto a su muestra patrón, por otro lado Ruiz en su segunda dosificación de 10% (6% ceniza de lodo de papel y 4% esquisto) en la cual muestra un mejora de un 12.6% la resistencia a flexión, mientras que en el desarrollo de investigación en la segunda combinación sustitución al 12% (ESQ.5%-CCA.7%), se encuentra un disminución hasta de un 22.4% respecto a su muestra patrón, mostrando valores totalmente diferente en cuanto a la mejora del autor. Por lo que se concluye en la tesis de Ruiz, se halla una mejoría por las dosificaciones y materiales dados, mientras que en mi investigación sucede lo contrario, afectando la resistencia a flexión bruscamente.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó la influencia de la roca esquisto y ceniza de cáscara de arroz, evaluadas según los parámetros de consistencia y sangrado del concreto (exudación) para físicas; resistencia a compresión y flexión para mecánicas. Obteniendo en las propiedades físicas respecto a su consistencia, una disminución de 1 pulgada de asentamiento por cada combinación de prueba, volviendo seca a la mezcla respecto a su muestra patrón de 4 pulgadas (plástica), para el sangrado del concreto se obtuvo un porcentaje exudado de 1.187% en la muestra patrón y esta se redujo hasta en un 0.633% en la segunda combinación, siendo la disminución progresiva al igual que la consistencia, aunque la disminución del sangrado ayuda al concreto en su fase inicial del fraguado ante la aparición de fisuras. Del mismo modo en las propiedades mecánicas del concreto, respecto a su resistencia a compresión, en la primera combinación se obtuvo un aumento de 5.2%, para la resistencia a flexión muestra en la segunda combinación de sustitución se muestran una pérdida de resistencia de hasta un 22.4%, respecto a su muestra patrón, demostrando que no mejora la resistencia a flexión.
- Se determinó la consistencia del concreto en la muestra patrón siendo está 4" de asentamiento (Plástica), mientras que para las combinaciones con la roca esquisto y ceniza de cáscara de arroz, disminuyó en 1" por cada combinación de diseño. Obteniendo para las combinaciones (3%-5%) y (5%-7%) un asentamiento de 3" y 2" respectivamente, volviendo seca a la mezcla, comprobándose que la mezcla de adición absorbe agua del concreto.
- Se determinó el porcentaje de sangrado del concreto (exudación) en la muestra patrón con un 1.187 % con un volumen de agua acumulada de 17 ml, mientras que en la primera combinación se obtuvo un 0.925% con un volumen de agua acumulada 1.244 ml, reduciendo un 0.262% de valor exudado, de igual modo para la segunda combinación muestra un valor porcentual de sangrado de 0.554% con un volumen de agua acumulada de 1.228 ml, reduciendo esta un 0.633% respecto al valor porcentual del diseño patrón, comprobándose que la disminución del sangrado es favorable ya que al encontrarse bajo esté, ayuda al control de las fisuras en las etapas iniciales del fraguado, mientras que al ser excesiva, aumenta la relación agua – cemento – agregados por el asentamiento del material.
- Se determino la resistencia a compresión en la muestra patrón obteniendo un valor promedio a las edades de 7,14 y 28 días con 299.67 kg/cm<sup>2</sup>, 329.67 kg/cm<sup>2</sup> y 355.00 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en la primera combinación (3%-5%) se encuentra una aumento de resistencia a las edades de 7 y 28 días con un 2.8% y 5.2%, respectivamente en

relación a su edad patrón, mientras que a la edad de 14 días se observó una reducción de 4.4% respecto a la resistencia de su edad patrón, mostrando una adquisición de resistencia más lenta pero favorable para el concreto ya que presenta un aumento de resistencia de un 18.52% desde 14 a 28 días en su misma dosificación. Por otro lado, en la segunda combinación (5%-7%), obtuvo una menor resistencia desde las edades 7, 14 y 28 días, siendo mínima la variación de 3% (menor) a los 28 días, respecto a su edad patrón. Comprobándose que al sustituir el cemento por la mezcla Roca esquisto y ceniza de cascará de arroz, esta reacciona a largas edades de curados desarrollando una resistencia más lenta, pero obteniendo mejorías mientras que la muestra este hidratada.

- Se determinó la resistencia a flexión en la muestra patrón obteniendo un valor promedio a la edad de 28 días  $38.00 \text{ kg/cm}^2$ , en las combinaciones (3%-5%) y (5%-7%), obteniendo una disminución de 7.9% ( $35.00 \text{ kg/cm}^2$ ) en la primera combinación y 22.4% ( $29.50 \text{ kg/cm}^2$ ) en la segunda combinación, en relación a la muestra patrón. Demostrando que la mezcla de roca esquisto y ceniza de cáscara de arroz no aumenta la resistencia a flexión.

## **VI. RECOMENDACIONES**

El desarrollo del presente estudio con la combinación, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Se propone línea futura a investigación ante la sustitución de la mezcla roca esquisto y ceniza de cáscara de arroz, usando mayores porcentajes para cada componente, buscando obtener una dosificación optima que ayude al concreto y una alternativa sostenible con productos nuevos y poco explotados, analizando la resistencia a compresión, flexión, sangrado al concreto y consistencia entre otros ensayos.
- Para investigaciones futuras efectuar ensayos con adición individual con la roca esquisto calcinada, ya que demostró que contiene una variada composición química alto en calcio y que pudiese ser un material cementante.
- En investigaciones futuras profundizar el tema estudio para sus posteriores usos, analizando propiedades químicas, físicas y mecánicas de los materiales de estudios.
- Para investigaciones futuras se propone ensayos puzolánicos a la roca esquisto ya que mostro una composición activa obteniendo una mayor resistencia a edades mayores como muestra las puzolanas naturales teniendo una alta probabilidad de funcionabilidad en el concreto.

## REFERENCIAS

ALIAGA, Agustín. Evaluación ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sorptividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I, Trujillo 2017. Tesis (Titulado de Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada de Norte, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 137pp.

Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13124>

GOMEZ, Álvaro. Caracterización de rocas y análisis de su resistencia a fatiga por hendimiento. Tesis (Titulado de Ingeniería Civil). Chile, Valdivia: Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles, 2014. 108pp.

MONTERO, Doménica. Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. Tesis (Titulado de Ingeniería Civil). Ecuador, Quito: Universidad San Francisco de Quito USFQ, 2017. 55pp.

CENTENO, Pedro, ROBAYO, Rafael, DIAZ, Jherson, DELVASTO, Silvio Y MONZÓ José. Application of rice husk ash obtained from agro-industrial process for the manufacture of nonstructural concrete blocks. Revista latinoamericana de metalurgia y minerales [en línea]. Agosto 2015, n° 35. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2019].

Disponible en <http://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/652>

ISSN: 0255-6952

NOVAO, Martha, BECERRA, Luisa Y VÁSQUEZ, María. Rice husk ash and its effect on adhesive mortars. Avances: Investigación En Ingeniería. Revistas Universidad Libre [en línea]. Noviembre 2016, n° 2. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2019].

Disponible en <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/233>

ISSN: 1794-4953

LOAYZA, Percy. Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2015. 117 pp.

Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/663>

ROBAYO, Rafael, CENTENO, Pedro, SILVA, Yimmy, DELVASTO, Silvio. Fresh and hardened behavior of a self-compacting concrete added with coal slag and made with coarse aggregate from recycled concrete. Revista Iberoamericana de Educación [en línea]. Diciembre 2014, n°78 [Fecha de consulta:05 de junio de 2019].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5129562>

ISSN: 1022-6508

BELITO, Gilmar, PAUCAR, Fortunato. Influencia de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto. Tesis (Titulado en Ingeniería Civil). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil,2016.131pp.

Disponible en: <https://es.slideshare.net/bradericfernandezcastaneda/tesis-concreto-final-final>

Manual del maestro constructor: El Concreto [en línea]. ACEROS AREQUIPA.

Disponible en: <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor/materiales-de-construccion/concreto.htm>

BLANCO, Antonio. Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.2° Ed. Princeliness: Cap. de Ingeniería Civil, 2011. 303 pp.

ISBN: 9687494507754

CIP 16 Resistencia a Flexión del Concreto [en línea]. NRMCA, National Ready Mixed Concrete Assosation ,2005. [fecha de consulta: 6 junio 2019].

Disponible en: <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>

CORREA, Rojas, SANTILLAN, Lennin. Factibilidad económica de la explotación de roca caliza para producir óxido de calcio en la concesión minera no metálica José Gálvez, Bambamarca, Cajamarca. Tesis (Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016.107 pp.



VILLEGAS, Carlos. Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo. Tesis (Maestro en Tecnología de la Construcción). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2002. 120 pp.

VARGAS, Yury Y PEREZ, Liliana. Use of agro-industrial waste in improving the quality of the environment. Revista Facultad de Ciencias Básicas [en línea]. Vol. 14, 13 de marzo 2018 [Fecha de consulta: 06 junio de 2019].

Disponible en <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb>

ISSN: ISSN 19004699

GONZALES, Saul Y TICONA, Katherine. Evaluación de la influencia de la granulometría de piedra caliza, concentración de carbonato de calcio, tiempo de residencia y temperatura de calcinación para mejorar el rendimiento en la obtención de óxido de calcio (cal viva). Tesis (Ingeniero Químico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016. 155 pp.

JAIME, Miguel Y PORTOCARRERO, Luis. Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018. 157 pp.

TORRES, Manuel, PUERTAS, Francisca. Alkaline activation of different aluminosilicates as an alternative to Portland cement: alkali activated cements or geopolymers. Revista Ingeniería de Construcción [en línea]. Agosto 2017, Vol. 32, n° 2. [Fecha de consulta: 6 de junio de 2019].

Disponible en <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/727>

ISSN: 07185073

ASTM C78 - 18, Standard Test Method for Flexural Strength of concrete (Using simple Beam with Third-Point Loading), 2018.

ASTM C39 - 18, Standard Test Method for Compressive Strength of cylindrical Concrete Specimens, 2018

ASTM C1579 - 13, Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete (Using a Steel Form Insert), 2013

NTP 339.035, CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto del cemento portland, 2009.

NTP 400.037, AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto, 2014.

NTP 339.088 CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland, 2006

ASTM C232 - 14, Standard Test Method for Bleeding of concrete, 2014.

NTP 339.034 (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, 2015.

BEHAR, Daniel. Metodología de la Investigación [en línea]. 3.a ed. A. Rubeira, 2008, [fecha de consulta: 6 de junio de 2019].

Disponible en:  
<http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>.

ISBN: 9789592127837

Diseños experimentales. Apuntes de clase del curso Seminario Investigativo VI [Mensaje en un blog]. Antioquía, Colombia: Ramon, S. (2 de junio de 2010). [Fecha de consulta: 11 de junio de 2019]. Recuperado de [http://viref.udea.edu.co/contenido/menu\\_alterno/apuntes/ac37-diseno\\_experiment.pdf](http://viref.udea.edu.co/contenido/menu_alterno/apuntes/ac37-diseno_experiment.pdf)

Nivel explicativo de la investigación científica [Mensaje en un blog]. Lima: Terrones, E, (3 de mayo del 2016). [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Recuperado de <http://eudoroterrones.blogspot.com/2016/05/nivel-explicativo-de-la-investigacion.html>  
HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación.3ª ed. Mcgraw-hill: México D.F.,2002.705 pp.

ISBN: 9789701036327

MCMILLAN, James, SCHUMACHER, Sally. Investigación educativa. 5a ed. Consuelo Clemente Pita: Universidad de Almería, 2005. 664pp.

ISBN: 9788483226872

La observación [Mensaje de un Blog]. Mexico: Diaz, L. (6 de marzo de 2011). [Fecha de consulta: 08 de junio de 2019]. Recuperado de [http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La\\_observacion\\_Lidia\\_Diaz\\_Sanjuan\\_Texto\\_Apoyo\\_Didactico\\_Metodo\\_Clinico\\_3\\_Sem.pdf](http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf)

CHAÍN, Celia. Introducción a la gestión y análisis de recursos de información en ciencia y tecnología. 2.a ed. Navarro: Universidad de Murcia, 2005. 233 pp. ISBN: 8476846002

ARROZ: propiedades, características e información nutricional del arroz. Revista de Cultura vegetariana [en línea]. España: Universidad de Valencia, 2016 [fecha de consulta: 11 de junio de 2019].

Disponible en: <https://vivessa.net/arroz/>

ISSN-e: 2445-236X

ELIAS, Henry. Resistencia del concreto sustituyendo al cemento en un 3% y 6% por la combinación de roca esquisto y ceniza de cáscara de arroz. Tesis (Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2018. 112 pp.

CIP 30- Adiciones al cemento, NRMCA Tecnología en la práctica

Disponible en: [www.nrmca.org](http://www.nrmca.org)

GIACCIO, Graciela. Exudación del hormigón, efectos en la incorporación de cenizas volantes. Revista Ciencia y Tecnología del Hormigón [en línea]. Julio 2016, n.º7 [fecha de consulta: 16 de mayo de 2019]

Disponible en <https://digital.ccic.gba.gob.ar/handle/11746/418>

ISSN: 0327-4845

MATERIALES de construcción [en línea]. España: Universidad de Cantabria. [fecha de consulta: 07 de mayo de 2019].

Disponible en <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/280/course/section/205/Leccion9b.pdf>

PROYECTO beneficio y utilización de las cenizas de cascarilla de arroz en cemento y concreto [en línea]. Colombia: Alternativas integrales de energía renovable. [fecha de consulta: 8 de junio de 2019].

Disponible en

[https://issuu.com/alienergy/docs/presentacion\\_alienergy\\_para\\_cementeras\\_y\\_concreter](https://issuu.com/alienergy/docs/presentacion_alienergy_para_cementeras_y_concreter)

# ANEXOS

## Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ RELACIONAL				OPERALIZACIÓN					
FORMULACIÓN DE PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	3 % y 5 % (Dosificación)  5 % y 7 % (Dosificación)	PULVERIZACIÓN (µm)	PREPARACIÓN DE MUESTRA	RAZÓN	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:	
¿DE QUE MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2 ?	DETERMINAR DE QUÉ MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C 210KG/CM2.	LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ INFLUYE DE MANERA FAVORABLE EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C 210KG/CM2	MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ		CALCINACIÓN (°C)	HORNO DE VAGONES		EXPERIMENTAL	
					PULVERIZACIÓN (µm)	PREPARACIÓN DE MUESTRA			
					CALCINACIÓN (°C)	HORNO DE VAGONES			
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO	CONSISTENCIA (cm)	CONO DE ABRAMS	INTERVALO	CUANTITATIVO	
¿DE QUE MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LA CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2 ?	DETERMINAR DE QUÉ MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LA CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2	LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ INFLUYE DE MANERA FAVORABLE EN LA CONSISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210KG/CM2	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO		EXUDACIÓN (%)	APARATOS Y EQUIPOS	RAZÓN	APLICADA	
¿DE QUE MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2 ?	DETERMINAR DE QUÉ MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2	LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ INFLUYE DE MANERA FAVORABLE EN LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO F'C 210KG/CM2			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	PRESA HIDRÁULICA	RAZÓN	EXPLICATIVO	
¿DE QUE MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2 ?	DETERMINAR DE QUÉ MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2	LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ INFLUYE DE MANERA FAVORABLE EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C 210KG/CM2			PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO	RESISTENCIA A FLEXIÓN (KG/CM2)	PRESA HIDRÁULICA	RAZÓN	POBLACIÓN:  Concreto de resistencia a compresión f'c=210 kg/cm2
¿DE QUE MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2 ?	DETERMINAR DE QUÉ MANERA INFLUYE LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ CON RESPECTO A LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2	LA SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO CON UNA MEZCLA DE ESQUISTO Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ INFLUYE DE MANERA FAVORABLE EN LA RESISTECIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO F'C 210KG/CM2				MUESTRA :  27 PROBETAS Y 6 VIGAS DE PRUEBA			

## FICHAS TÉCNICAS

### Anexo 2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

AGREGADO GRUESO ASTM C33 - HUSO #56							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm					100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm					100.00	100.00
3"	76.20 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm					100.00	100.00
2"	50.80 mm					100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm					100.00	100.00
1"	25.40 mm					90.00	100.00
3/4"	19.05 mm					40.00	85.00
1/2"	12.70 mm					10.00	40.00
3/8"	9.53 mm					0.00	15.00
#4	4.75 mm					0.00	5.00
#8	2.36 mm					0.00	0.00
#16	1.18 mm					0.00	0.00
#30	0.59 mm					0.00	0.00
#50	0.30 mm					0.00	0.00
#100	0.15 mm					0.00	0.00
#200	0.07 mm					0.00	0.00
FONDO	0.01 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm					100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm					100.00	100.00
3"	76.20 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm					100.00	100.00
2"	50.80 mm					100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm					100.00	100.00
1"	25.40 mm					100.00	100.00
3/4"	19.05 mm					100.00	100.00
1/2"	12.70 mm					100.00	100.00
3/8"	9.53 mm					100.00	100.00
#4	4.75 mm					95.00	100.00
#8	2.36 mm					80.00	100.00
#16	1.18 mm					50.00	85.00
#30	0.59 mm					25.00	60.00
#50	0.30 mm					5.00	30.00
#100	0.15 mm					0.00	10.00
#200	0.07 mm					0.00	5.00
FONDO	0.01 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00

### Anexo 3. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

N° 3	Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico					ASTM C-143	
DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN	CONSISTENCIA - SLUMP		PROMEDIO		TIPO	
		cm.	pulg.	cm.	pulg.		
CLASIFICACIÓN POR CONSISTENCIA							
TIPO DE CONCRETO		ASENTAMIENTO	COMPORTAMIENTO				
MUY SECO		< 2"	NO FLUYE				
SECO		2" a 3"	NECESITA AYUDA PARA FLUIR				
PLÁSTICO		4" a 5"	FLUYE BIEN				
FLUIDO		6" a 7"	FLUYE RÁPIDAMENTE				
MUY FLUIDO		> 7"	MUY FLUIDO				

## Anexo 4. SANGRADO DEL CONCRETO

N°4		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA SANGRADO DEL CONCRETO				ASTM C-232	
INFORMACIÓN GENERAL							
PROYECTO :							
TESISTA :		ORCHESI MEDINA LUIS ENRIQUE			MUESTRA		
ORIGENDEL AGREGADO :		CANTERA SAN MARTÍN			F'C		210 kg/cm2
LUGAR de ELABORACIÓN:		LABORATORIO INGEOCONTROL ( INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD)					
RECOLECCIÓN DE DATOS							
DISEÑO de MEZCLA :		a/c = 0.56		PESO DEL BALDE + PESO DEL CONCRETO (Kg) :		17.32	
DIÁMETRO DE BALDE (cm) :		20.32		PESO DEL BALDE (Kg) :		2.36	
ÁREA EXPUESTA (cm2) :		324.2925127		PESO DE LA MUESTRA DE CONCRETO (Kg) :		14.96	
HORA de ENSAYO Hr-min	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	TIEMPO PARCIAL (min)	VOLUMEN AGUA (ml)	VOLUMEN AGUA ACUMULADA (ml)	AGUA EXUDADA (ml/cm2)	VELOCIDAD DE EXUDACIÓN (ml/cm2/min)	
TENEMOS:				USAMOS:			
VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA = 0				- AGUA E. (ml/cm2) = $\frac{\text{VOL. AGUA PARCIAL ( ml )}}{\text{AREA EXPUESTA ( cm2 )}}$ - VELOCIDAD DE E. (ml/cm2/min) = $\frac{\text{AGUA E.( ml/cm2 )}}{\text{TIEMPO PARCIAL ( min )}}$			
	KG	BLS		FACTOR R. = $\frac{\text{AGUA DE TANDA ( Kg )}}{\text{PESO DE TANDA ( Kg )}} \times \text{P. CONCRETO-1}^{\circ}$ % EXUDACIÓN = $\frac{\text{AGUA ACUMULADA ( ml ) } \cdot 100}{1000 \cdot \text{FACTOR R}}$			
CEMENTO SOL TIPO I	20.61	0.48		FACTOR R. = 1.244 % EXUDACIÓN = 0.000			
AGREGADO GRUESO	46.50	-					
AGREGADO FINO ( ARENA G.)	49.50	-					
AGUA	10.74	-					
ESQUISTO CALCINADO	0.67						
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ	1.12						
TOTAL	129.14						



## Anexo 5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO


<b>N°5</b>	<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS</b>						<b>ASTM C-39</b>			
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>										
<b>PROYECTO :</b>										
<b>TESISTA :</b>		ORCHESI MEDINA LUIS ENRIQUE				<b>F'c de Diseño:</b>		210 kg/cm <sup>2</sup>		
<b>ORIGEN DEL AGREGADO :</b>		CANTERA SAN MARTÍN				<b>F'cr Promedio</b>		294 kg/cm <sup>2</sup>		
<b>LUGAR DE ELABORACIÓN:</b>		LABORATORIO INGEOCONTROL ( INGENIERÍA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD)								
<b>RECOLECCIÓN DE DATOS</b>										
<b>TIPO DE FALLA PRESENTADA EN LA MUESTRA</b>		     								
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>FECHA DE VACEADO</b>	<b>FECHA DE ROTURA</b>	<b>EDAD</b>	<b>PROBETA (CM) ALTURA / DIÁMETRO</b>	<b>F'c OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>F'c PROMEDIO</b>	<b>% F'c</b>	

## Anexo 6. RESISTENCIA A FLEXIÓN

<b>N°6</b>	<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN</b>						<b>ASTM C-78</b>		
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>									
<b>PROYECTO :</b>									
<b>TESISTA :</b>		ORCHESI MEDINA LUIS ENRIQUE				<b>F'c de Diseño:</b>		210 kg/cm <sup>2</sup>	
<b>ORIGEN DEL AGREGADO :</b>		CANTERA SAN MARTÍN				<b>F'cr Promedio</b>		294 kg/cm <sup>2</sup>	
<b>LUGAR DE ELABORACIÓN:</b>		LABORATORIO INGEOCONTROL ( INGENIERÍA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD)							
<b>RECOLECCION DE DATOS</b>									
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>FECHA DE VACEADO</b>	<b>FECHA DE ROTURA</b>	<b>EDAD</b>	<b>UBICACIÓN DE FALLA</b>	<b>LUZ ENTRE APOYOS</b>	<b>MÓDULO DE ROTURA</b>	<b>MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO</b>	
						<b>L(cm)</b>	<b>Mr(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Mr(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	

# RESULTADOS DE LABORATORIO

## Anexo 7. ENSAYOS FÍSICOS AGREGADO GRUESO

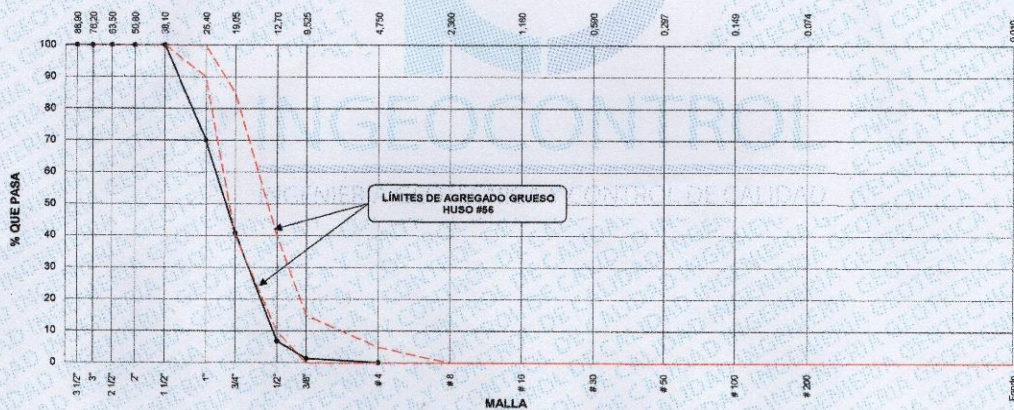
	FORMATO	Código	AE-FO-150
	ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS	Versión	01
		Fecha	07-06-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	Evaluación de propiedades físico - mecánico del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz.		Registro N°: IGC19-LEM-442-02	
Solicitante	Luis Enrique Orchesi Medina		Muestreado por :	R. Leyva
Código del Proyecto	---		Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL		Fecha de Ensayo:	03/10/19
Material	Agregado grueso		Turno:	Diurno
Código de Muestra	---			
Lote	Cantera San Martin			
N° de Muestra	---			
Progresiva	---			

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 56						
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	89.00 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	1926	29.97	70.03	90.00	100.00
3/4"	19.05 mm	1876	29.19	56.17	40.83	85.00
1/2"	12.70 mm	2183	33.97	93.14	6.86	10.00
3/8"	9.53 mm	354	5.51	98.65	1.35	0.00
# 4	4.75 mm	83	1.29	99.94	0.06	0.00
# 8	2.36 mm	0.00	0.00	99.94	0.06	0.00
# 16	1.18 mm	0.00	0.00	99.94	0.06	0.00
# 30	0.59 mm	0.00	0.00	99.94	0.06	0.00
# 50	0.30 mm	0.00	0.00	99.94	0.06	0.00
# 100	0.15 mm	0.00	0.00	99.94	0.06	0.00
# 200	0.07 mm	0.00	0.00	99.94	0.06	0.00
Fondo	0.01 mm	4	0.06	100.00	0.00	0.00

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.561
P. Especif. de Masa SSS ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.575
P. Especif. de Masa Aparente ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.587
P. Unitario Compactado ( $\text{kg/m}^3$ )	1585
P. Unitario Suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1483
Humedad de absorción (%)	0.54
Tamaño Máximo	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal	1 "
Módulo de Fineza	7.57
% < Malla N° 200 (0.75 $\mu\text{m}$ )	0.62

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO




INGEOCONTROL SAC		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martín de Porres  
 Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190  
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com



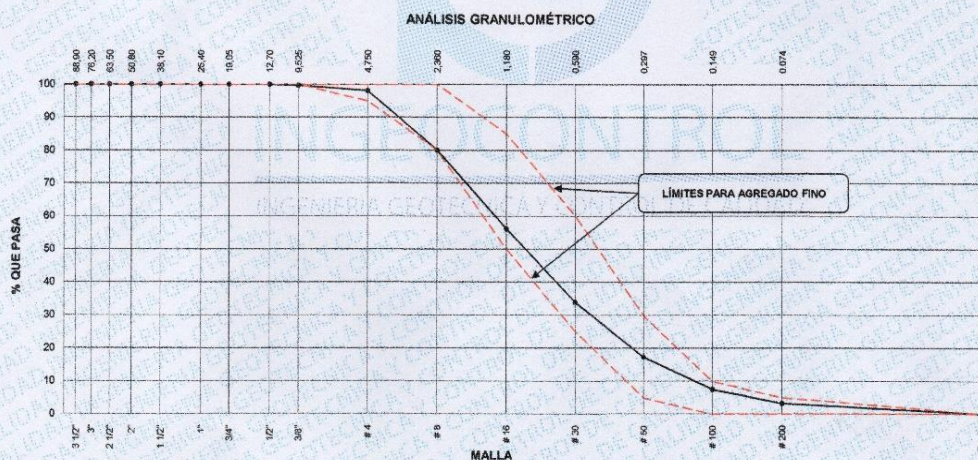
## Anexo 8. ENSAYOS FÍSICOS AGREGADO FINO

	FORMATO		Código	AE-FO-150
	ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS		Versión	01
			Fecha	07-05-2018
			Página	1 de 1
Proyecto	Evaluación de propiedades físico - mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz.		Registro N°:	IGC19-LEM-442-01
Solicitante	Luis Enrique Orchesi Medina		Muestreado por :	R. Leyva
Código del Proyecto	---		Ensayado por :	R. Leyva
Ubicación de Proyecto	Desarrollado en las instalaciones de INGENIOCONTROL		Fecha de Ensayo:	03/10/19
Material	Agregado fino (Arena gruesa)		Turno:	Diurno
Código de Muestra	---			
Lote	Cantera San Martín			
N° de Muestra	---			
Progresiva	---			

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	2.6	0.36	99.64	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	11.6	1.59	98.05	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	131.3	18.03	80.02	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	173.8	23.87	43.85	50.00	85.00
# 30	0.60 mm	162.6	22.33	66.19	33.81	60.00
# 50	0.30 mm	119.9	16.47	82.85	17.35	30.00
# 100	0.15 mm	71.8	9.89	92.51	7.49	10.00
# 200	0.07 mm	31.5	4.33	96.84	3.16	5.00
Fondo	0.01 mm	23.0	3.16	100.00	0.00	0.00




CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.555
P. Especif. de Masa SSS ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.625
P. Especif. de Masa Aparente ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.674
P. Unitario Compactado ( $\text{kg/m}^3$ )	1688
P. Unitario Suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1520
Humedad de absorción (%)	1.13
Tamaño Máximo	-
Tamaño Máximo Nominal	-
Módulo de Fineza	3.07
% < Malla N° 200 (0.75 $\mu\text{m}$ )	4.8



INGEOCONTROL SAC		
<b>REALIZADO POR</b> Nombre y firma: 	<b>VERIFICADO POR</b> Nombre y firma:  Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	<b>AUTORIZADO POR</b> Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.




## Anexo 9. DISEÑO DE MEZCLA - PATRÓN

INGEOCONTROL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD		FORMATO	Código	AE-FO-93																		
		DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01																		
			Fecha	30-04-2018																		
			Página	1 de 1																		
PROYECTO	Evaluación de propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz.		REGISTRO N°:	IGC18-LEM-442-03																		
SOLICITANTE	Luis Enrique Orchesi Medina		REALIZADO POR :	R. Lalva																		
CÓDIGO DE PROYECTO	---		REVISADO POR :	N. Sánchez																		
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de INGENIOCONTROL		FECHA DE VACIADO :	05/10/19																		
FECHA DE EMISIÓN	05/10/2019		TURNOS :	Diurno																		
Agregado	Ag. Grueso / Ag. Fino		F'c de diseño:	210 kg/cm <sup>2</sup>																		
Procedencia	Cantera San Martín		Asentamiento:	3" - 4"																		
Cemento	Sol tipo 1		Código de mezcla:	PATRON																		
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA																						
$F'cr = 294$																						
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO																						
$R_{a/c} = 0.56$																						
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA																						
Agua = 220 L																						
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO																						
Aire = 1.5%																						
5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO																						
Cemento = 393 kg																						
6. FACTOR CEMENTO																						
Bolsas x m <sup>3</sup> = 9.2 Bolsas																						
7. CÁLCULO DE ADITIVO																						
$0.00 \text{ kg} \times \text{m}^3 = 0.0\% / \text{Cto}$																						
8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento Sol tipo I</td> <td>3110 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0.1263 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m<sup>3</sup></td> <td>0.2200 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>---</td> <td>0.0150 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Aditivo</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>					INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	Cemento Sol tipo I	3110 kg/m <sup>3</sup>	0.1263 m <sup>3</sup>	Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2200 m <sup>3</sup>	Aire	---	0.0150 m <sup>3</sup>	Aditivo	---	---			
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO																				
Cemento Sol tipo I	3110 kg/m <sup>3</sup>	0.1263 m <sup>3</sup>																				
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2200 m <sup>3</sup>																				
Aire	---	0.0150 m <sup>3</sup>																				
Aditivo	---	---																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>HUMEDAD</th> <th>ABSORCIÓN</th> <th>MÓD. FINEZA</th> <th>P.U. SUELTO</th> <th>P.U. COMPACTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2561 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>0.20%</td> <td>0.54%</td> <td>7.57</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2595 kg/m<sup>3</sup></td> <td>---</td> <td>1.90%</td> <td>1.13%</td> <td>3.07</td> </tr> </tbody> </table>						HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	Agregado grueso	2561 kg/m <sup>3</sup>	---	0.20%	0.54%	7.57	Agregado fino	2595 kg/m <sup>3</sup>	---	1.90%	1.13%	3.07
	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO																	
Agregado grueso	2561 kg/m <sup>3</sup>	---	0.20%	0.54%	7.57																	
Agregado fino	2595 kg/m <sup>3</sup>	---	1.90%	1.13%	3.07																	
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Volumen de pasta</td> <td>0.3613 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Volumen de agregados</td> <td>0.6387 m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>					Volumen de pasta	0.3613 m <sup>3</sup>	Volumen de agregados	0.6387 m <sup>3</sup>														
Volumen de pasta	0.3613 m <sup>3</sup>																					
Volumen de agregados	0.6387 m <sup>3</sup>																					
9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS																						
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>50.0%</td> <td>= 0.3193 m<sup>3</sup></td> <td>= 818 kg</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>50.0%</td> <td>= 0.3193 m<sup>3</sup></td> <td>= 829 kg</td> </tr> </tbody> </table>					Agregado grueso	50.0%	= 0.3193 m <sup>3</sup>	= 818 kg	Agregado fino	50.0%	= 0.3193 m <sup>3</sup>	= 829 kg										
Agregado grueso	50.0%	= 0.3193 m <sup>3</sup>	= 818 kg																			
Agregado fino	50.0%	= 0.3193 m <sup>3</sup>	= 829 kg																			
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD																						
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>819 kg</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>844 kg</td> </tr> </tbody> </table>					Agregado grueso	819 kg	Agregado fino	844 kg														
Agregado grueso	819 kg																					
Agregado fino	844 kg																					
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD																						
Agua 216 L																						
12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.057 m <sup>3</sup>																						
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Cemento Cemento tipo I</td> <td>22.39 kg</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>12.33 L</td> </tr> <tr> <td>Aditivo</td> <td>0.0 g = 0 mL</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>46.7 kg</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>48.1 kg</td> </tr> <tr> <td>Slump Obtenido</td> <td>4"</td> </tr> </tbody> </table>					Cemento Cemento tipo I	22.39 kg	Agua	12.33 L	Aditivo	0.0 g = 0 mL	Agregado grueso	46.7 kg	Agregado fino	48.1 kg	Slump Obtenido	4"						
Cemento Cemento tipo I	22.39 kg																					
Agua	12.33 L																					
Aditivo	0.0 g = 0 mL																					
Agregado grueso	46.7 kg																					
Agregado fino	48.1 kg																					
Slump Obtenido	4"																					
13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																						
CEM A.F. A.G. ADIT. AGUA																						
1 : 2.2 : 2.08 : 0. : 23.4 L / bolsa																						
OBSERVACIONES:																						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestras provistas e identificadas por el solicitante</li> <li>Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENIOCONTROL</li> </ul>																						
INGEOCONTROL SAC																						
TECNICO LEM		JEFE LEM		COC - LEM																		
Nombre y firma:	D:	Nombre y firma:	D:	Nombre y firma:	D:																	
M:		M:		M:																		
A:		A:		A:																		
		 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.		 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE DE PROYECTOS Y ESTUDIOS INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.																		
Mz B Lote 11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta Etapa, San Martín de Porres Telf: (01) 467-8957 Cel: 924 513 299 930 267 190 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com																						



## Anexo 10. DISEÑO DE MEZCLA – E3% Y CA5%

 <b>INGEOCONTROL</b> <small>INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD</small>	<b>FORMATO</b>		<b>Código</b>	<b>AE-FO-93</b>
	<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO</b> <b>REFERENCIA ACI 211</b>		<b>Versión</b>	<b>01</b>
			<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

<b>PROYECTO</b> : Evaluación de propiedades físico - mecánico del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz.	<b>REGISTRO N°:</b> IGC18-LEM-442-04
<b>SOLICITANTE</b> : Luis Enrique Orchesi Medina	<b>REALIZADO POR :</b> R. Leiva
<b>CÓDIGO DE PROYECTO</b> : ---	<b>REVISADO POR :</b> N. Sánchez
<b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b> : Desarrollado en las instalaciones de INGENIOCONTROL	<b>FECHA DE VACIADO :</b> 28/10/19
<b>FECHA DE EMISIÓN</b> : 28/10/2019	<b>TURNO :</b> Diurno

<b>Agregado</b> : Ag. Grueso / Ag. Fino	<b>F<sub>c</sub> de diseño:</b> 210 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Procedencia</b> : Cantera San Martín	<b>Asentamiento:</b> 3" - 4"
<b>Cemento</b> : Sol tipo 1	<b>Código de mezcla:</b> E3% - CA5%

**1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA**  
 $F'_{cr} = 294$

**2. RELACIÓN AGUA CEMENTO**  
 $R_{a/cmte} = 0.56$

**3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA**  
 Agua = 220 L

**4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO**  
 Aire = 1.5%

**5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO**  
 Cemento = 362 kg  
 Cementanta = 363 kg

**6. FACTOR CEMENTO**  
 Bolsas x m<sup>3</sup> = 8.5 Bolsas

**7. CÁLCULO DE ADICIONES**  
 Esquisto calcinado 3.0% = 11.8 kg  
 Cenizas de cáscara de arroz 5.0% = 19.7 kg

**8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS**

INSUMOS	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento Sol tipo I	3110 kg/m <sup>3</sup>	0.1163 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2200 m <sup>3</sup>
Esquisto calcinado	3081 kg/m <sup>3</sup>	0.0036 m <sup>3</sup>
Cenizas de cáscara de arroz	2140 kg/m <sup>3</sup>	0.0092 m <sup>3</sup>
Aire	---	0.0150 m <sup>3</sup>
Aditivo	---	---
Agregado grueso	2561 kg/m <sup>3</sup>	---
Agregado fino	2595 kg/m <sup>3</sup>	---
Volumen de pasta		0.3643 m <sup>3</sup>
Volumen de agregados		0.6357 m <sup>3</sup>

	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Agregado grueso	0.20%	0.54%	7.57	1520	1588
Agregado fino	5.30%	1.13%	3.07	1483	1585

**9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS**

Agregado grueso 50.0% = 0.3179 m<sup>3</sup> = 814 kg  
 Agregado fino 50.0% = 0.3179 m<sup>3</sup> = 825 kg

**10. PESO HUMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD**

Agregado grueso 816 kg  
 Agregado fino 869 kg

**12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA** 0.057 m<sup>3</sup>

Cemento Cemento tipo I 20.61 kg  
 Agua 10.74 L  
 Esquisto calcinado 0.67 kg  
 Cenizas de cáscara de arroz 1.12 kg  
 Aditivo 0.0 g = 0 mL  
 Agregado grueso 46.5 kg  
 Agregado fino 49.5 kg  
 Slump Obtenido 3"

**11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD**

Agua 188 L

**13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA**


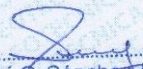

CEM	A.F.	A.G.	ESQ.	C. C.A.R.	AGUA
1	: 2.4	: 2.2	: 0.3	: 0.5	: 22.1 L / bolsa

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENIOCONTROL


INGEOCONTROL SAC			
<b>TECNICO LEM</b> D: Nombre y firma: 	D:	<b>JEFE LEM</b> D: Nombre y firma:  <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	D:
M:		M:	
A:		A:	
<b>CGC - LEM</b> D: Nombre y firma:  <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.			
M:			
A:			

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martín de Porres  
 Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 - 930 267 190  
[www.ingeocontrol.com](http://www.ingeocontrol.com) / [informes@ingeocontrol.com](mailto:informes@ingeocontrol.com)



## Anexo 11. DISEÑO DE MEZCLA – E5% Y CA7%

 <b>INGEOCONTROL</b> <small>INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD</small>	<b>FORMATO</b>		Código	AE-FO-93
	<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO</b> <b>REFERENCIA ACI 211</b>		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1

<b>PROYECTO</b> Evaluación de propiedades físico - mecánico del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz.	<b>REGISTRO N°:</b> IGC18-LEM-442-05
<b>SOLICITANTE</b> Luis Enrique Orchesi Medina	<b>REALIZADO POR :</b> R. Leiva
<b>CÓDIGO DE PROYECTO</b> ---	<b>REVISADO POR :</b> N. Sánchez
<b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b> Desarrollado en las instalaciones de INGENIOCONTROL.	<b>FECHA DE VACIADO :</b> 28/10/19
<b>FECHA DE EMISIÓN</b> 28/10/2019	<b>TURNO :</b> Diurno

<b>Agregado</b> Ag. Grueso / Ag. Fino	<b>F'c de diseño:</b> 210 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Procedencia</b> Cantera San Martín	<b>Asentamiento:</b> 3" - 4"
<b>Cemento</b> Sol tipo 1	<b>Código de mezcla:</b> E5% - CA7%

**1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA**  
F'cr = 294

**2. RELACIÓN AGUA CEMENTO**  
R a/cmte = 0.58

**3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA**  
Agua = 220 L

**4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO**  
Aire = 1.5%

**5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO**  
Cemento = 348 kg  
Cementante = 393 kg

**6. FACTOR CEMENTO**  
Bolsas x m<sup>3</sup> = 8.1 Bolsas

**7. CÁLCULO DE ADICIONES**  
Esquisto calcinado 5.0% = 10.7 kg  
Cenizas de cáscara de arroz 7.0% = 27.5 kg

**8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS**

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento Sol tipo I	3110 kg/m <sup>3</sup>	0.1112 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2200 m <sup>3</sup>
Esquisto calcinado	3091 kg/m <sup>3</sup>	0.0064 m <sup>3</sup>
Cenizas de cáscara de arroz	2140 kg/m <sup>3</sup>	0.0129 m <sup>3</sup>
Aire	---	0.0150 m <sup>3</sup>

	ADITIVO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Agregado grueso	2561 kg/m <sup>3</sup>	---	0.20%	0.54%	7.57	1520
Agregado fino	2595 kg/m <sup>3</sup>	---	5.30%	1.13%	3.07	1483

<p><b>9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS</b></p> <p>Agregado grueso 50.0% = 0.3173 m<sup>3</sup> = 813 kg</p> <p>Agregado fino 50.0% = 0.3173 m<sup>3</sup> = 823 kg</p>	<p><b>12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA</b> 0.057 m<sup>3</sup></p> <p>Cemento Cemento tipo I 19.71 kg</p> <p>Agua 10.74 L</p> <p>Esquisto calcinado 1.12 kg</p> <p>Cenizas de cáscara de arroz 1.57 kg</p> <p>Aditivo 0.0 g = 0 mL</p> <p>Agregado grueso 46.4 kg</p> <p>Agregado fino 49.4 kg</p> <p>Slump Obtenido 2"</p>
--	---

**10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD**

<p>Agregado grueso 814 kg</p> <p>Agregado fino 867 kg</p>	<p><b>11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD</b></p> <p>Agua 188 L</p>
---	---

**13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA**



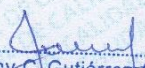
CEM	A.F.	A.G.	ESQ	C. CAR.	AGUA
1	2.5	2.3	0.5	0.6	23.2 L / bolsa

**OBSERVACIONES:**

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENIOCONTROL.


INGEOCONTROL SAC			
<b>TECNICO LEM</b> D: M: A:	<b>JEFE LEM</b> D: M: A:	<b>COC - LEM</b> D: M: A:	
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  <b>Noemi C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz B Lote 11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta Etapa, San Martín de Porres  
 Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 - 930 267 190  
 www.ingeocontrol.com / Informes@ingeocontrol.com

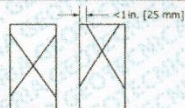


## Anexo 12. RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 7, 14 Y 28 DIAS

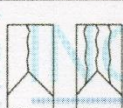
	FORMATO		Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Evaluación de propiedades físico - mecánico del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz.		REGISTRO N°: IGC18-LEM-442-06	
SOLICITANTE	: Luis Enrique Orchesi Medina		REALIZADO POR	: C. Amaringo
CÓDIGO DE PROYECTO	: —		REVISADO POR	: J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL		FECHA DE ENSAYO	: Indicada
FECHA DE EMISIÓN	: 12/11/2019		TURNO	: Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"			
Fc de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>			

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% Fc
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	14/10/19	7 días	3	1.99	308 kg/cm <sup>2</sup>	146.7
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	14/10/19	7 días	2	1.97	300 kg/cm <sup>2</sup>	142.9
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	14/10/19	7 días	3	1.98	291 kg/cm <sup>2</sup>	138.8
PROBETA N° 01 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	04/11/19	7 días	2	2.02	310 kg/cm <sup>2</sup>	147.8
PROBETA N° 02 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	04/11/19	7 días	5	2.01	314 kg/cm <sup>2</sup>	149.5
PROBETA N° 3 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	04/11/19	7 días	2	1.98	300 kg/cm <sup>2</sup>	142.7
PROBETA N° 1 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	04/11/19	7 días	2	1.97	306 kg/cm <sup>2</sup>	145.8
PROBETA N° 2 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	04/11/19	7 días	2	2.02	284 kg/cm <sup>2</sup>	135.4
PROBETA N° 3 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	04/11/19	7 días	2	2.02	296 kg/cm <sup>2</sup>	141.2



Type 1  
Reasonably well-formed cones on both ends, less than 1 in. [25 mm] of cracking through caps



Type 2  
Well-formed cone on one end, vertical cracks running through caps; no well-defined cone on other end



Type 3  
Columnar vertical cracking through both ends, no well-formed cones

150 by 300 mm  
[6 by 12 in.]  
Laboratory conditions  
Field conditions  
100 by 200 mm  
[4 by 8 in.]  
Laboratory conditions

Coefficient of Variation<sup>a</sup>

2.4 %  
2.9 %  
3.2 %

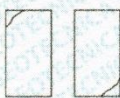
Acceptable Range<sup>a</sup> of Individual Cylinder Strengths  
2 cylinders  
3 cylinders

6.6 %  
8.0 %  
9.0 %  
7.8 %  
9.5 %  
10.6 %

Fuente: ASTM C39



Type 4  
Diagonal fracture with no cracking through ends; tap with hammer to distinguish from Type 1



Type 5  
Side fractures at top or bottom (occur commonly with unbonded caps)



Type 6  
Similar to Type 5 but end of cylinder is pointed

Fuente: ASTM C39


#### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL.

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote 11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta Etapa, San Martín de Porres  
Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 - 930 267 190  
www.ingeocontrol.com / info@ingeocontrol.com



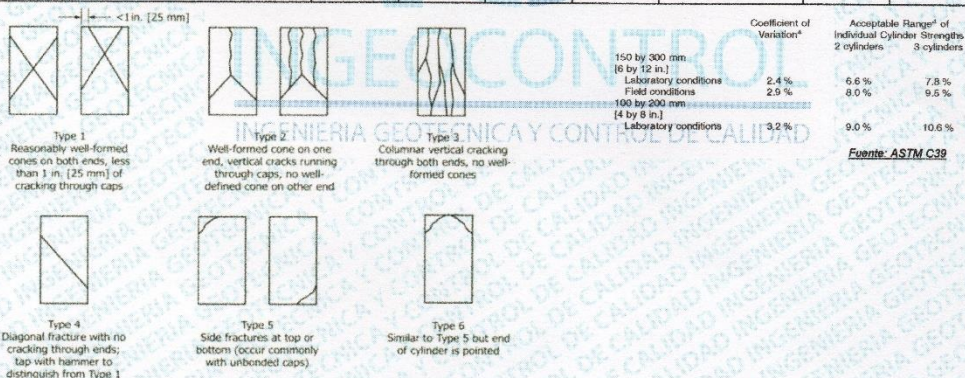
	FORMATO		Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1

PROYECTO : Evaluación de propiedades físico - mecánicas del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz. REGISTRO N°: IGC18-LEM-442-07  
 SOLICITANTE : Luis Enrique Orchesi Medina  
 CÓDIGO DE PROYECTO : — REALIZADO POR : C. Amaringo  
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de INGENIERIA GEOINGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD REVISADO POR : J. Gutiérrez  
 FECHA DE EMISIÓN : 12/11/2019 FECHA DE ENSAYO : Indicada  
 TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido  
 Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8"  
 $f_c$  de diseño : 210 kg/cm<sup>2</sup>

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% $f_c$
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	21/10/19	14 días	2	1.98	331 kg/cm <sup>2</sup>	157.5
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	21/10/19	14 días	6	1.97	332 kg/cm <sup>2</sup>	158.2
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	21/10/19	14 días	3	1.97	326 kg/cm <sup>2</sup>	155.3
PROBETA N° 01 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	11/11/19	14 días	2	1.98	313 kg/cm <sup>2</sup>	148.9
PROBETA N° 02 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	11/11/19	14 días	2	1.98	311 kg/cm <sup>2</sup>	148.0
PROBETA N° 3 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	11/11/19	14 días	3	2.00	321 kg/cm <sup>2</sup>	152.9
PROBETA N° 1 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	11/11/19	14 días	3	1.96	318 kg/cm <sup>2</sup>	151.3
PROBETA N° 2 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	11/11/19	14 días	5	1.96	322 kg/cm <sup>2</sup>	153.4
PROBETA N° 3 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	11/11/19	14 días	6	1.96	319 kg/cm <sup>2</sup>	152.1



#### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGENIERIA GEOINGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIERIA GEOINGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD.

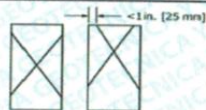
INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM Nombre y firma: 	D:	JEFE LEM Nombre y firma: Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOINGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	D:
	M:		M:
	A:		A:
		CQC - LEM Nombre y firma: Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOINGENIERIA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	D:



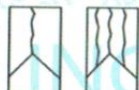
	<b>FORMATO</b>		<b>Código</b>	AE-FO-101
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>		<b>Versión</b>	01
			<b>Fecha</b>	30-04-2018
			<b>Página</b>	1 de 1
<b>PROYECTO</b> : Evaluación de propiedades físico - mecánico del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz. <span style="float: right;"><b>REGISTRO N°:</b> IGC18-LEM-442-08</span>				
<b>SOLICITANTE</b> : Luis Enrique Orchesi Medina <span style="float: right;"><b>REALIZADO POR</b> : C. Amaringo</span>				
<b>CÓDIGO DE PROYECTO</b> : --- <span style="float: right;"><b>REVISADO POR</b> : J. Gutiérrez</span>				
<b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b> : Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL <span style="float: right;"><b>FECHA DE ENSAYO</b> : Indicada</span>				
<b>FECHA DE EMISIÓN</b> : ... <span style="float: right;"><b>TURNOS</b> : Diurno</span>				
<b>Tipo de muestra</b> : Concreto endurecido				
<b>Presentación</b> : Especímenes cilíndricos 4" x 8"				
<b>Fc de diseño</b> : 210 kg/cm <sup>2</sup>				

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% Fc
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	04/11/19	28 días	2	1.97	349 kg/cm <sup>2</sup>	166.0
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	04/11/19	28 días	2	1.98	353 kg/cm <sup>2</sup>	168.0
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	07/10/19	04/11/19	28 días	2	1.98	363 kg/cm <sup>2</sup>	173.0
PROBETA N° 01 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	2	2.00	375 kg/cm <sup>2</sup>	178.4
PROBETA N° 02 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	5	1.98	376 kg/cm <sup>2</sup>	178.9
PROBETA N° 3 DISEÑO 3% ESQUISTO, 5% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	2	1.98	369 kg/cm <sup>2</sup>	175.9
PROBETA N° 1 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	5	2.00	348 kg/cm <sup>2</sup>	165.7
PROBETA N° 2 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	2	1.96	344 kg/cm <sup>2</sup>	163.7
PROBETA N° 3 DISEÑO 5% ESQUISTO, 7% CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	2	2.02	341 kg/cm <sup>2</sup>	162.5



**Type 1**  
Reasonably well-formed cones on both ends, less than 1 in. (25 mm) of cracking through caps



**Type 2**  
Well-formed cone on one end, vertical cracks running through both caps, no well-defined cone on other end



**Type 3**  
Columnar vertical cracking through both ends, no well-formed cones

150 by 300 mm  
[6 by 12 in.]  
Laboratory conditions  
Field conditions  
100 by 200 mm  
[4 by 8 in.]  
Laboratory conditions

Coefficient of Variation<sup>a</sup>  
2.4 %  
2.9 %  
3.2 %

Acceptable Range<sup>a</sup> of Individual Cylinder Strengths  
2 cylinders  
3 cylinders  
6.6 %  
8.0 %  
9.0 %  
7.8 %  
9.5 %  
10.6 %

**Fuente: ASTM C39**



**Type 4**  
Diagonal fracture with no cracking through ends; tap with hammer to distinguish from Type 1



**Type 5**  
Side fractures at top or bottom (occur commonly with unbonded caps)



**Type 6**  
Similar to Type 5 but end of cylinder is pointed

**Fuente: ASTM C39**

#### OBSERVACIONES:


- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL.

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 <b>Noemí C. Sánchez Huamán</b> INGENIERA CIVIL - CIP N° 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 <b>Jony C. Gutiérrez Abanto</b> GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz. B Lote 11 Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta Etapa San Martín de Porres - Lima  
Teléfono: (01) 685-3852 Cell.: 924513299 / 930267190

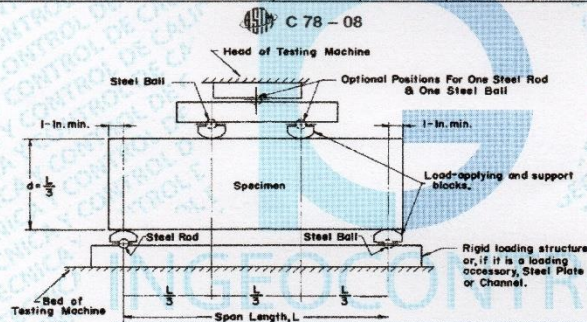


## Anexo 13. RESISTENCIA A FLEXIÓN A 28 DIAS

	<b>FORMATO</b>		<b>Código</b>	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO</b>		<b>Versión</b>	01
			<b>Fecha</b>	30-04-2018
			<b>Página</b>	1 de 1
<b>PROYECTO</b> : Evaluación de propiedades físico - mecánico del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de Esquisto y ceniza de cáscara de arroz. <span style="float: right;"><b>REGISTRO N°:</b> IGC19-LEM-442-08</span>				
<b>SOLICITANTE</b> : Luis Enrique Orchesi Medina			<b>REALIZADO POR</b> : J. Paulino	
<b>CÓDIGO DE PROYECTO</b> : ---			<b>REVISADO POR</b> : J. Gutiérrez	
<b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b> : Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL			<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 25/11/19	
<b>FECHA DE EMISIÓN</b> : 25/11/19			<b>TURNO</b> : Diurno	
<b>Tipo de muestra</b> : Concreto endurecido				
<b>Presentación</b> : Prismas de concreto endurecido				
<b>F<sub>c</sub> de diseño</b> : 210 kg/cm <sup>2</sup>				

### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
CONCRETO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28/10/19	25/11/19	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37 kg/cm <sup>2</sup>
CONCRETO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28/10/19	25/11/19	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39 kg/cm <sup>2</sup>
CONCRETO 3% ESQUISTO Y 5% CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	36 kg/cm <sup>2</sup>
CONCRETO 3% ESQUISTO Y 5% CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	34 kg/cm <sup>2</sup>
CONCRETO 5% ESQUISTO Y 7% CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	30 kg/cm <sup>2</sup>
CONCRETO 5% ESQUISTO Y 7% CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ	28/10/19	25/11/19	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	29 kg/cm <sup>2</sup>



#### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
<b>TECNICO LEM</b> Nombre y firma: 	<b>D:</b> M: A:	<b>JEFE LEM</b> Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	<b>D:</b> M: A:
<b>COC - LEM</b> Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	<b>D:</b> M: A:		



## Anexo 14. INFORME DE PULVERIZACIÓN ROCA ESQUISTO



### INFORME DE ENSAYO GQ1904112 Rev. 0

Página 1 de 1

<b>A solicitud de:</b>	LUIS ENRIQUE ORCHESI MEDINA CALLE 1 URB. SANTO DOMINGO Eta. 12 MZ B LT 2		
<b>Por cuenta de:</b>	LUIS ENRIQUE ORCHESI MEDINA CALLE 1 URB. SANTO DOMINGO Eta. 12 MZ B LT 2		
<b>Producto descrito como:</b>	ROCAS - Muestra Exploración Geoquímica y/o Menas	<b>Cantidad Muestras:</b>	1
<b>Tipo de Análisis:</b>	PREPARACION	<b>Fecha de Recepción:</b>	02/10/2019
<b>Localidad de preparación:</b>	CALLAO	<b>Fecha de Ensayo:</b>	Del 02/10/2019 Al 05/10/2019
<b>Descripción del Estado y Condición de la Muestra:</b>	En bolsas de plástico con precinto  Granulometría de 3 a 5 pulg y Peso aprox. de 30 kg húmedas		
<b>Referencia Cliente:</b>	Proyecto: Proyecto de Tesis Solicitud 02/10/2019		
<b>Notas:</b>			

Esquema	Método
PRP94	Pesado, secado, chancado a - 10 mesh > 90 %, cuarteo y pulverizado de 250 g a -200 mesh >95 %, muestras hasta 6 Kg
PMI_CHGR	Peso de Muestra Recibido
PMI_M10	ASTM E 389-69 / Particle Size or screen analysis at N°4 (4.75-mm) Sieve and coarser for Metal bearing ores and related materials
PMI_M200	ASTM E 276-68 / Particle Size or screen analysis at N°4 (4.75-mm) Sieve and finer for Metal bearing ores and related materials

Elemento	Peso Muestra	P_MEN10	P_MEN200
Esquema	PMI_CHGR	PMI_M10	PMI_M200
Unidad	g	%	%
<b>Límite de Detección</b>			
Muestra Única	31000	91.22	97
DUP Muestra Única	--	--	--

#### Notas de Almacenaje:

Pasado el plazo de almacenamiento de 90 días para Remanentes o Pulpas y 30 días para Rechazos o Gruesas, se procederá a descartar las muestras. Favor no considerar esta información si se presentaran instrucciones al inicio del servicio.

Emitido en Callao-Perú el , 05/10/2019

Edgar Zárate Aguilar  
Supervisor de Laboratorio  
C.I.P. 22151

Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometido a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este documento es emitido por la Compañía bajo las Condiciones Generales de Servicio, y pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.com/peru/analisis/condiciones.htm>. Su aplicación se extiende al límite de la responsabilidad, indemnización y jurisdicción definidas en ella.

Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja las hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si hubiera alguno. La Compañía es únicamente responsable ante su Cliente y este documento no como a las partes de una transacción de ceder todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados al máximo del alcance de la ley.

No obstante lo establecido en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todas las disputas que se originen en, o que tengan relación con las Resoluciones Controversiales reguladas por este contrato, se resolverán y serán interpretadas de acuerdo con las leyes subyacentes de Perú, excluyendo cualquier disposición legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por una o más árbitros designados de acuerdo con tales reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 | t (51-1) 517.1900 | f (51-1) 517.4089 | www.pe.sgs.com

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

## Anexo 15. INFORME DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X - CCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS

LABICER (Laboratorio N° 12)

ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



### INFORME TÉCNICO N° 1979 - 19 - LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 SOLICITANTE : LUIS ENRIQUE ORCHESI MEDINA
  - 1.2 DNI : 75716973
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 05 / 11 / 2019
  - 2.2 FECHA DE ANÁLISIS : 07 / 11 / 2019
  - 2.2 FECHA DE EMISIÓN : 08 / 11 / 2019
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ PULVERIZADA
  - 4.2 TESIS : "Evaluación de propiedades físico-mecánicas del concreto F'c=210kg/cm2 sustituyendo cemento con mezcla de esquisto y cenizas de cáscara de arroz".
5. LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.3°C; Humedad relativa: 64%
7. EQUIPO UTILIZADO : DIFRACTÓMETRO DE RAYOS X. PANALYTICAL, EMPYREAN.
8. RESULTADO

COMPUESTO	FÓRMULA	RESULTADOS %	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de silicio (Cristobalita)	SiO <sub>2</sub>	79.88	Difracción de Rayos X <sup>(1)</sup>
Grafito-2H	C	4.28	
Sulfato de potasio y aluminio hidratado (Alum-K)	KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>12</sub>	15.22	
Silicato de sodio, calcio y aluminio	(Na,Ca)Al(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	0.62	


<sup>(1)</sup> Ver difractograma en ANEXO.

#### 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

El Informe técnico es válido sólo para la muestra y las condiciones indicadas en el ítem uno (1) y cuatro (4) del presente informe técnico.

  
Bach. Nadia Rodríguez  
Analista Químico  
LABICER - UNI



  
M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

## ANEXO

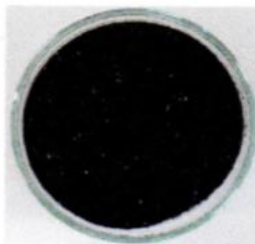


FIGURA N°1. Muestra de ceniza de cáscara de arroz pulverizada.

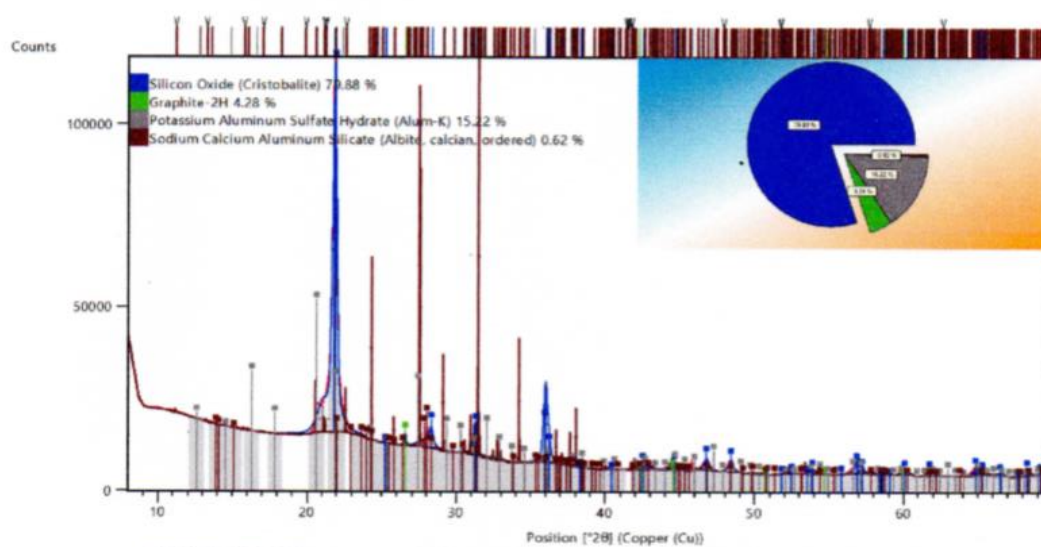


FIGURA N°2. Difractograma de la muestra de ceniza de cáscara de arroz pulverizada



FIGURA N°3. Equipo de difracción de Rayos X con la muestra de ceniza de cáscara de arroz colocada en el automuestreador del equipo



## Anexo 16. INFORME DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X - REC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS

LABICER (Laboratorio N° 12)

ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



### INFORME TÉCNICO N° 1981 – 19 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 SOLICITANTE : LUIS ENRIQUE ORCHESI MEDINA
  - 1.2 DNI : 75716973
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 05 / 11 / 2019
  - 2.2 FECHA DE ANÁLISIS : 07 / 11 / 2019
  - 2.2 FECHA DE EMISIÓN : 08 / 11 / 2019
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ROCA ESQUISTO PULVERIZADA Y CALCINADA
  - 4.2 TESIS : "Evaluación de propiedades físico-mecánicas del concreto F'c=210kg/cm2 sustituyendo cemento con mezcla de esquistos y cenizas de cáscara de arroz".
5. LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.3°C; Humedad relativa: 64%
7. EQUIPO UTILIZADO : DIFRACTÓMETRO DE RAYOS X. PANALYTICAL, EMPYREAN.
8. RESULTADO

COMPUESTO	FÓRMULA	RESULTADOS %	MÉTODO UTILIZADO
Carbonato de calcio (Calcita)	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	37.99	Difracción de Rayos X <sup>(1)</sup>
Ferri-tschermakita	$\text{Na}_{0.5}\text{Ca}_{1.8}\text{Mg}_{2.2}\text{Ti}_{1.1}\text{Fe}_2\text{Al}_{2.4}\text{Si}_{6.4}\text{O}_{22.6}(\text{OH})_{1.4}$	26.87	
Fosfato silicato de sodio y calcio (Flamite)	$\text{Na}_{3.4}\text{Ca}_{12.6}(\text{SiO}_4)_{4.6}(\text{PO}_4)_{3.4}$	17.53	
Silicato de aluminio y sodio (Albita, desordenada)	$\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$	14.31	
Óxido de silicio (Cuarzo)	$\text{SiO}_2$	3.30	

<sup>(1)</sup> Ver difractograma en ANEXO.

#### 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

El Informe técnico es válido sólo para la muestra y las condiciones indicadas en el ítem uno (1) y cuatro (4) del presente informe técnico.

*NH*  
Bach. Nadia Rodríguez  
Analista Químico  
LABICER – UNI



*Otilia Acha*  
M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 1981 -19- LABICER

Página 1 de 2

Av. Túpac Amaru 210 Lima 31, Perú. Teléfono: 382 0500. Correos: [labicer@uni.edu.pe](mailto:labicer@uni.edu.pe) / [otilia@uni.edu.pe](mailto:otilia@uni.edu.pe)



## ANEXO



FIGURA N°1. Muestra de roca esquistó pulverizada y calcinada.

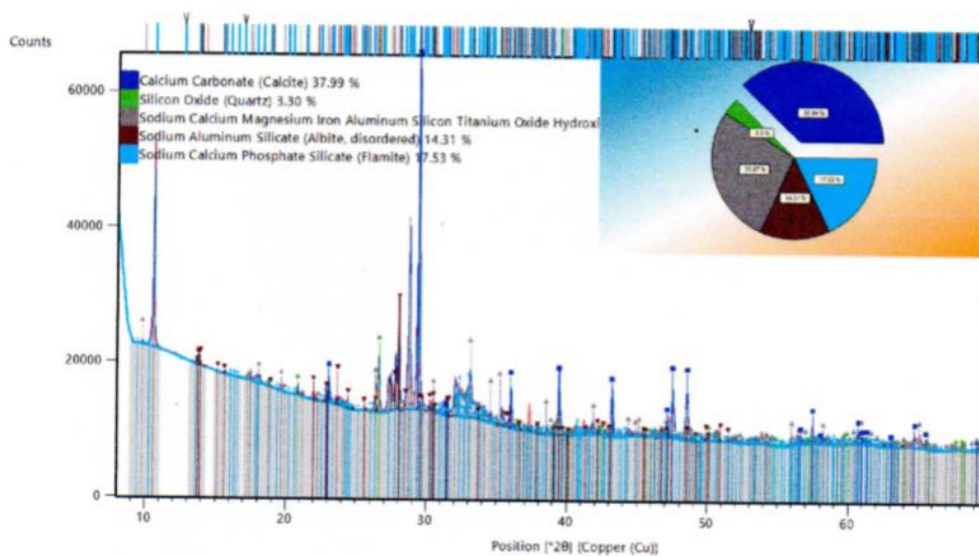


FIGURA N°2. Difractograma de la muestra de roca esquistó pulverizada y calcinada.

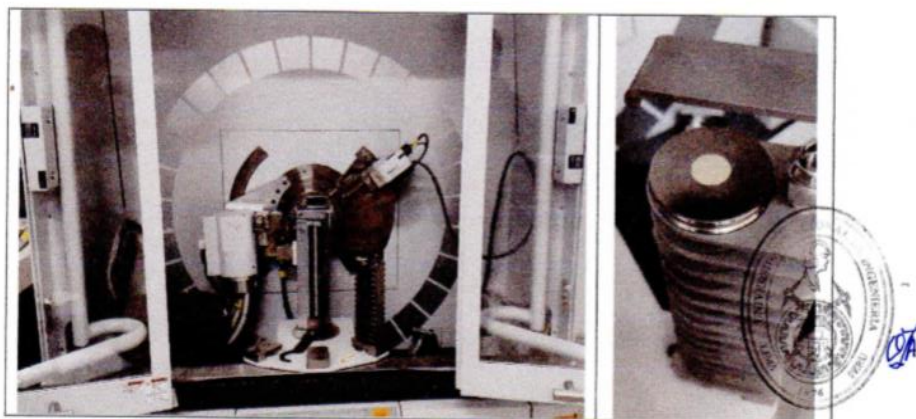


FIGURA N°3. Equipo de difracción de Rayos X con la muestra de roca esquistó colocada en el automuestreador del equipo

# CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

## Anexo 17. PRENSA HIDRÁULICA



### PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 038 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	800-2019	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOCONTROL S.A.C.	
3. Dirección	MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad	120,000 kg.f	
Marca	ELE INTERNATIONAL	
Modelo	ADR TOUCH	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	1887-1-00074	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Indicación	DIGITAL	
Marca	ELE INTERNATIONAL	
Modelo	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0.1 kg.f	
Ubicación	Laboratorio	
5. Fecha de Calibración	2019-02-13	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-02-15

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe , Web: www.perutest.com.pe





## PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 038 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1

"Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

#### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

#### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22.0 °C	22.0 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR



#### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE-272-18

#### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe , Web: www.perutest.com.pe



# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 038 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)			
		Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	10000	10025.9	10029.3	10028.1	10027.3
20	20000	20085.7	20091.9	20088.2	20087.9
30	30000	30137.6	30143.0	30140.3	30139.6
40	40000	40139.7	40145.5	40141.1	40141.5
50	50000	50186.5	50199.0	50194.3	50191.6
60	60000	60216.5	60223.1	60219.8	60219.0
70	70000	70233.1	70240.1	70236.6	70235.7
80	80000	80268.0	80275.3	80271.7	80270.8
90	90000	90378.0	90378.0	90378.0	90381.3
100	100000	100533.9	100551.7	100547.7	100541.8
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $\alpha$ (%)	
10000	-0.27	0.03	0.03	0.10	0.58
20000	-0.44	0.03	0.03	0.05	0.58
30000	-0.46	0.02	0.02	0.03	0.58
40000	-0.35	0.01	0.01	0.03	0.57
50000	-0.38	0.02	0.02	0.02	0.57
60000	-0.36	0.01	0.01	0.02	0.57
70000	-0.34	0.01	0.01	0.01	0.57
80000	-0.34	0.01	0.01	0.01	0.57
90000	-0.42	0.00	-0.01	0.01	0.57
100000	-0.54	0.02	0.02	0.01	0.57

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0.00 %
---	--------

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
 E-mail: ventas@perutest.com.pe, Web: www.perutest.com.pe





## Anexo 18. BALANZA ELECTRÓNICA



# PERUTEST S.A.C

EQUIPOS E INSTRUMENTOS

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO**

**SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA**

**RUC N° 20602182721**

---

**Área de Metrología**  
*Laboratorio de Masas*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LM - 093 - 2019

Página 1 de 4

<p><b>1. Expediente</b></p> <p><b>2. Solicitante</b></p> <p><b>3. Dirección</b></p> <p><b>4. Equipo de medición</b></p> <p><b>Capacidad Máxima</b></p> <p><b>División de escala (d)</b></p> <p><b>Div. de verificación (e)</b></p> <p><b>Clase de exactitud</b></p> <p><b>Marca</b></p> <p><b>Modelo</b></p> <p><b>Número de Serie</b></p> <p><b>Capacidad mínima</b></p> <p><b>Procedencia</b></p> <p><b>Identificación</b></p> <p><b>5. Fecha de Calibración</b></p>	<p><b>800-2019</b></p> <p><b>INGEOCONTROL S.A.C.</b></p> <p><b>MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACIÓN LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES</b></p> <p><b>BALANZA ELECTRÓNICA</b></p> <p><b>600 g</b></p> <p><b>0.01 g</b></p> <p><b>0.1 g</b></p> <p><b>III</b></p> <p><b>OHAUS</b></p> <p><b>SE602F</b></p> <p><b>B824537017</b></p> <p><b>0.2 g</b></p> <p><b>U.S.A.</b></p> <p><b>NO INDICA</b></p> <p><b>2019-02-13</b></p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	---	--

**Fecha de Emisión**

**2019-02-15**

**Jefe del Laboratorio de Metrología**



**MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES**

**Sello**



**Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima**

**Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque**

**Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224**

**E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe**





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 093 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.6	21.8
Humedad Relativa	56%	56%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	METROIL M-0842-2018

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Rocá Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224

E-mail: [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe) Web: [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)





**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 093 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura				Initial	Final		
				21.2 °C	21.2 °C		
Medición Nº	Carga L1 = 300 g			Carga L2 = 600 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	300.00	5	0	600.00	5	0	
2	300.00	6	-1	600.00	6	-1	
3	300.00	6	-1	599.99	3	-8	
4	300.00	7	-2	600.00	6	-1	
5	300.00	6	-1	599.99	2	-7	
6	300.00	5	0	600.00	5	0	
7	300.00	7	-2	600.00	4	1	
8	300.00	5	0	600.00	6	-1	
9	300.01	8	7	600.01	8	7	
10	300.01	9	6	600.00	6	-1	
Diferencia Máxima			9	Diferencia Máxima			15
Error Máximo Permissible			100	Error Máximo Permissible			200

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición  
de las  
cargas

Temperatura	Inicial	Final
	21.9 °C	22.0 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL ( mg )	Eo ( mg )	Carga L ( g )	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )
1	0.10	0.10	5	0	200.00	200.00	5	0	0
2		0.11	8	7		200.00	4	1	-6
3		0.10	6	-1		200.00	6	-1	0
4		0.10	5	0		200.00	5	0	0
5		0.10	6	-1		200.01	8	7	8
* Valor entre 0 y 10e						Error máximo permisible			100

\* Valor entre 0 y 10e

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224

E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 093 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	21.7 °C	21.8 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0.10	0.10	6	-1						
0.20	0.20	5	0	1	0.20	5	0	1	100
60.00	60.00	6	-1	0	60.00	5	0	1	100
120.00	120.00	7	-2	-1	120.00	4	1	2	100
150.00	150.00	6	-1	0	150.00	5	0	1	100
200.00	200.00	5	0	1	200.00	6	-1	0	100
250.00	250.00	6	-1	0	250.00	7	-2	-1	100
300.00	300.00	6	-1	0	299.99	4	-9	-8	100
400.00	400.00	4	1	2	399.99	3	-8	-7	100
500.00	500.00	5	0	1	499.99	4	-9	-8	200
600.00	600.00	5	0	1	600.00	5	0	1	200

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.

I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.

E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.

E<sub>c</sub>: Error corregido.

### Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.000041 \text{ g}^2 + 0.00000000015 \text{ R}^2)}$$

### Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0.0000018 \text{ R}$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224

E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



## Anexo 19. HORNO



# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LT - 027 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente 800-2019

2. Solicitante INGEOCONTROL S.A.C.

3. Dirección MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS  
PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA -  
LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

4. Equipo HORNO

Alcance Máximo 300 °C

Marca PERUTEST

Modelo PT-H

Número de Serie 0105

Procedencia PERÚ

Identificación NO INDICA

Ubicación NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMOMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2019-02-13

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2019-02-15

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224

E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 027 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

### 6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22.5	22.5
Humedad Relativa	63 %	63 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
SAT - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-014	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LT-1145-2018

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Rocá Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail: [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe) Web: [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 027 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

### 11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 21 °C  
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas  
El controlador se seteo en 110

#### PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo ( min )	Termómetro del equipo ( °C )	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom ( °C )	Tmax-Tmin ( °C )
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	106.9	107.1	111.0	115.1	112.4	104.2	109.0	112.4	112.4	109.7	110.0	10.9
02	110.0	107.3	107.1	109.7	115.7	113.0	104.0	108.6	113.0	113.0	109.7	110.1	11.7
04	110.0	107.0	106.9	111.3	115.4	112.6	104.2	108.6	112.6	112.6	109.6	110.1	11.2
06	110.0	107.4	107.0	110.5	115.3	112.6	104.0	108.6	112.4	112.6	109.7	110.0	11.3
08	110.0	106.9	107.1	111.0	115.1	112.4	104.0	109.0	113.0	112.4	109.7	110.1	11.1
10	110.0	107.3	107.0	109.7	115.7	113.0	104.1	108.6	112.6	113.0	109.6	110.1	11.6
12	110.0	107.0	107.1	111.0	115.4	112.6	104.0	108.6	112.6	112.6	109.7	110.1	11.4
14	110.0	107.4	106.9	109.7	115.3	112.6	104.1	109.0	113.0	112.6	109.7	110.0	11.2
16	110.0	106.9	107.0	111.3	115.1	112.4	104.2	108.6	112.6	112.4	109.6	110.0	10.9
18	110.0	107.3	107.1	110.5	115.7	113.0	104.0	109.0	113.0	113.0	109.7	110.2	11.7
20	110.0	107.0	107.1	111.3	115.4	112.6	104.2	108.6	112.6	112.6	109.7	110.1	11.2
22	110.0	107.4	107.1	110.5	115.1	112.6	104.0	108.6	112.6	112.6	109.6	110.0	11.1
24	110.0	106.9	106.9	111.0	115.7	112.6	104.2	108.6	113.0	112.6	109.7	110.1	11.5
26	110.0	107.3	107.0	109.7	115.4	112.4	104.0	108.6	112.4	112.4	109.7	109.9	11.4
28	110.0	106.9	106.9	111.3	115.3	113.0	104.2	108.6	113.0	113.0	109.6	110.2	11.1
30	110.0	107.3	107.0	110.5	115.4	112.4	104.0	109.0	112.4	112.4	109.7	110.0	11.4
32	110.0	107.0	107.1	111.0	115.3	113.0	104.0	108.6	113.0	113.0	109.7	110.2	11.3
34	110.0	107.4	107.0	109.7	115.1	112.6	104.0	109.0	112.6	112.6	109.6	110.0	11.1
36	110.0	107.4	107.1	111.3	115.7	112.6	104.2	108.6	112.6	112.6	109.7	110.2	11.5
38	110.0	106.9	107.1	110.5	115.1	113.0	104.0	108.6	113.0	113.0	109.7	110.1	11.1
40	110.0	107.3	106.9	111.0	115.7	112.6	104.0	109.0	112.6	112.6	109.6	110.1	11.7
42	110.0	107.0	107.0	109.7	115.4	112.4	104.2	108.6	112.6	112.4	109.7	109.9	11.2
44	110.0	107.4	107.0	111.0	115.3	113.0	104.0	108.6	112.4	113.0	109.7	110.1	11.3
46	110.0	106.9	107.1	109.7	115.1	112.6	104.2	108.6	113.0	112.6	109.6	109.9	10.9
48	110.0	107.3	107.1	111.3	115.7	112.6	104.1	109.0	112.6	112.6	109.7	110.2	11.6
50	110.0	106.9	106.9	110.5	115.4	112.4	104.2	108.6	113.0	112.4	109.7	110.0	11.2
52	110.0	107.0	107.0	111.3	115.3	113.0	104.0	108.6	112.6	113.0	109.6	110.1	11.3
54	110.0	107.4	107.1	111.0	115.1	112.6	104.0	108.6	113.0	112.6	109.6	110.1	11.1
56	110.0	106.9	107.1	109.7	115.7	112.6	104.0	108.6	112.6	112.6	109.7	109.9	11.7
58	110.0	107.3	106.9	111.3	115.4	113.0	104.2	109.0	112.6	113.0	109.7	110.2	11.2
60	110.0	106.9	107.0	110.5	115.3	112.6	104.0	108.6	113.0	112.6	109.6	110.0	11.0
T.PROM	110.0	107.1	107.0	110.6	115.4	112.7	104.1	108.7	112.7	112.7	109.7	110.1	
T.MAX	110.0	107.4	107.1	111.3	115.7	113.0	104.2	109.0	113.0	113.0	109.7		
T.MIN	110.0	106.9	106.9	109.7	115.1	112.4	104.0	108.6	112.4	112.4	109.6		
DTT	0.0	0.5	0.2	1.6	0.6	0.6	0.2	0.4	0.6	0.6	0.1		



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LT - 027 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	115.7	10.3
Mínima Temperatura Medida	104.0	0.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	11.3	10.4
Estabilidad Medida ( $\pm$ )	0.8	0.04
Uniformidad Medida	11.7	10.4

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.  
T.MAX : Temperatura máxima.  
T.MIN : Temperatura mínima.  
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224

E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

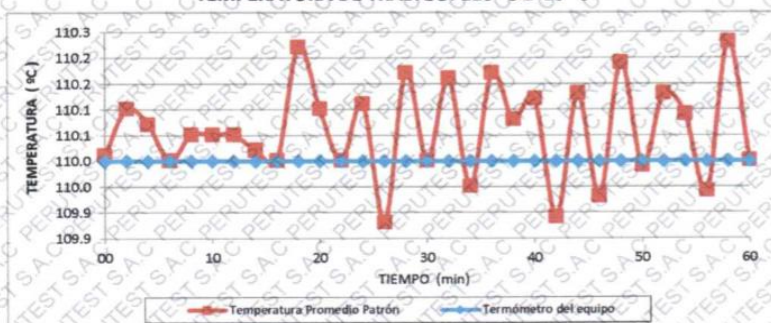
RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 027 - 2019

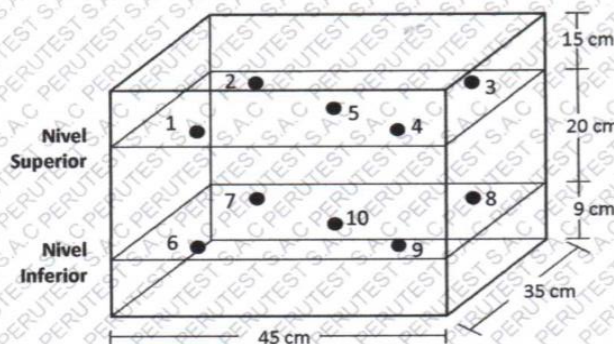
Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$



### DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.  
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9 cm de las paredes laterales y a 9 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



## Anexo 20. VERNIER

		<b>PERUTEST S.A.C</b> CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA RUC N° 20602182721	
<b>PERUTEST S.A.C</b> EQUIPOS E INSTRUMENTOS			
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>PT - LL - 035 - 2019</b>			
Área de Metrología Laboratorio de Longitud			
Página 1 de 3			
1. Expediente	800-2019	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).	
2. Solicitante	INGEOCONTROL S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.	
3. Dirección	MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.	
4. Instrumento de Medición	VERNIER (PIE DE REY)	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.	
Alcance de indicación	0 mm a 150 mm / 0 pulg. a 6 pulg.	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.	
División de Escala / Resolución	0.01 mm / 0.0005 pulg.		
Marca	UBERMAN		
Modelo	NO INDICA		
Número de Serie	NO INDICA (*)		
Procedencia	NO INDICA		
Identificación	NO INDICA		
Tipo de indicación	DIGITAL		
5. Fecha de Calibración	2019-02-13		
Fecha de Emisión	2019-02-15	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
		 MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES	
Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224 E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe			



## PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LL - 035 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento a calibrar tomando como referencia el método descrito en el PC-012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

#### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

#### 8. Condiciones Ambientales

	mínima	máxima
Temperatura	22.3 °C	22.6 °C
Humedad Relativa	61 %	68 %



#### 9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	BLOQUES PATRON DE LONGITUD MARCA: INSIZE	LLA-C-070-2018

#### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (\*) Serie grabada en el instrumento.
- El instrumento presenta errores menores a los errores máximos permisibles.

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe , Web: www.perutest.com.pe





**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LL - 035 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

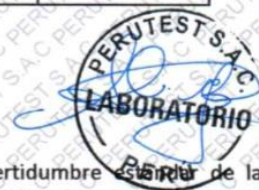
VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL PIE DE REY			MAXIMO ERROR ENCONTRADO ( $\pm \mu\text{m}$ )	ERRORES MAXIMOS PERMITIDOS ( $\pm \mu\text{m}$ )
	EXTERIOR (mm)	INTERIOR (mm)	PROFUNDIDAD (mm)		
10.000	10.000	10.000	10.000	0	20
20.000	20.004	20.003	20.000	4	20
40.000	40.002	40.000	40.000	2	20
80.000	80.002	80.003	80.000	3	20
100.000	100.002	100.000	100.002	2	20
150.000	150.002	150.000	150.000	2	20

INCERTIDUMBRE DE MEDICION :  $1.5 \mu\text{m}$  ; para  $k=2$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Rocá Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe